



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIA  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



**Liliane da Silva Soares**

**TEORES E ESTOQUES DE NITROGÊNIO DO SOLO SOB DIFERENTES  
USOS E MANEJOS NOS BIOMAS CAATINGA E CERRADO**

AREIA, PB

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIA  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



**TEORES E ESTOQUES DE NITROGÊNIO DO SOLO SOB DIFERENTES USOS E  
MANEJOS NOS BIOMAS CAATINGA E CERRADO**

Mestranda:

**Liliane da Silva Soares**

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPB

Orientador:

**Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias**

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPB

AREIA, PB

2018

**LILIANE DA SILVA SOARES**

**TEORES E ESTOQUES DE NITROGÊNIO DO SOLO SOB DIFERENTES USOS E  
MANEJOS NOS BIOMAS CAATINGA E CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Ciência do Solo". Área de concentração: Solos em Ecossistemas Agrícolas e Naturais

**Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias**

AREIA, PB

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S676t Soares, Liliâne da Silva.

Teores e estoques de nitrogênio do solo Sob  
diferentes usos e manejos nos biomas Caatinga e  
Cerrado / Liliâne  
da Silva Soares. - João Pessoa, 2018.  
44 f. : il.

Orientação: Bruno de Oliveira  
Dias. Dissertação (Mestrado)

-

UFPB/CCA.

1. Sistema de manejo, Uso do solo, Matéria orgânica.  
I. Dias, Bruno de Oliveira. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA




UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO




Aprovada em: 27 de setembro de 2018

Banca examinadora:

  
Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias  
Presidente

  
Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo  
Examinador

  
Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira  
Examinador

  
Prof. Dr. Manoel Alexandre Diniz Neto  
Examinador

AREIA, PB

2018

## **DEDICATÓRIA**

A Deus por me dar forças nos momentos de fraqueza, por nunca me deixar desistir dos meus objetivos e por estar sempre no controle da minha vida.

Aos meus pais, Luzimar Soares de Sousa e Carlinda Teodosio da Silva Sousa, por me moldar essa pessoa que sou hoje, pelos ensinamentos que foram de suma importância na minha vida e que me ensinaram a crescer cada vez mais, pelo apoio, força, dedicação, incentivo, compreensão, amor e companheirismo.

Aos meus irmãos Caio da Silva Sousa e Vitória Carolina da Silva Soares, pelo carinho, companheirismo e afeto.

A meus amigos em especial Núbia Marisa e Antonio Michael pelo apoio, força, e incentivos e que nos momento de fraqueza nunca me deixaram desistir.

A minha família no geral tios, avós, primos e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas as bênçãos a mim concedidas e por estar sempre no controle de minha vida;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES);

A Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo;

Ao meu orientador professor Dr. BRUNO DE OLIVEIRA DIAS, agradeço pela paciência, pela partilha de conhecimento, pelos ensinamentos e pelo apoio e dedicação;

A professora Dr. VÂNIA DA SILVA FRAGA e o Dr. TANCREDO AUGUSTO DE SOUZA, por estarem sempre de prontidão quando precisei de auxílio, pelos ensinamentos que serão muito importante para minha vida profissional;

Ao meu pai LUZIMAR SOARES DE SOUSA, a minha mãe CARLINDA TEODOSIO DA SILVA SOUSA, por estar sempre presente em minha vida, por nunca me deixar faltar nada, pelo apoio, dedicação, ensinamentos e amor;

A meus irmãos CAIO DA SILVA SOUSA E VITÓRIA CAROLINA pelo apoio companheirismo e carinho;

Aos meus amigos (as), em especial NÚBIA MARISA, ANTONIO MICHAEL pelos momentos de amizade, carinho, companheirismo e apoio;

A minha FAMÍLIA no geral, avós, tios e primos, em especial a ADACI TEODÓSIO e TEREZA MARIA, pelo apoio, afago, carinho e companheirismo;

Aos companheiros (as) de curso e de Laboratório, AURILEIA, BELCHIOR, CATIANA, DANIEL e TALES, pelos momentos de amizade, carinho, companheirismo e apoio, em especial a EWERTON e KALLINE, pelos ensinamentos, as palavras de apoio e por não me deixar desanimar.

E a família que a pós-graduação me concedeu, a qual me recebeu e acolheu de braços abertos BIANCA, DANILA, FÁTIMA, GABRIELE, LUNARA e PRISCYLLA, meu mais sincero obrigada.

*Os que esperam no senhor renovarão as suas forças, subirão com asas como águias: correrão, e não se cansarão; caminharão, e não se fatigarão. ISAÍAS. 40: 31. Eu, o Senhor teu Deus, te tomo pela tua mão direita; e te digo: Não temas, eu sou contigo. ISAÍAS 41:13. Entender a vontade do Senhor em minha vida não foi fácil, mas crer que ele estar no comando e que tem um plano especial para mim e é isto o que faz minha caminhada valer apenas!*



## **BIOGRAFIA**

LILIANE DA SILVA SOARES, filha de Carlinda Teodósio da Silva Sousa e Luzimar Soares de Sousa, nasceu em 16 de setembro de 1988 na cidade de Catolé do Rocha – PB. Concluiu o Ensino Médio na Escola Estadual Obdulio Dantas, no ano de 2007, na cidade de Catolé do Rocha – PB. Concluiu o curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica do Cajueiro no ano de 2011. Concluiu o curso Licenciatura Plena em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) no ano de 2014. Ingressou no Mestrado em Ciência do Solo e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no ano de 2016.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Bioma Caatinga .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Bioma Cerrado .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Nitrogênio no solo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Nitrogênio e as mudanças no uso e manejo do solo.....</b>	<b>9</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Descrição das áreas .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Delineamento utilizado .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Histórico da área .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Descrição das coletas e amostragem de solo .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Preparo das amostras do solo.....</b>	<b>14</b>
<b>3.6 Análises químicas e físicas .....</b>	<b>14</b>
<b>3.7 Análise estatística .....</b>	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Densidade do solo .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Nitrogênio total.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Nitrogênio orgânico.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4 Estoque de nitrogênio .....</b>	<b>23</b>
<b>4.5 Amônio do solo (<math>\text{NH}_4^+</math>) .....</b>	<b>25</b>
<b>4.6 Nitrato do solo (<math>\text{NO}_3^-</math>).....</b>	<b>26</b>
<b>4.7 Distribuição vertical do nitrogênio no Bioma Caatinga .....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>35</b>

## RESUMO

Modificações nos sistemas de uso e manejo do solo provenientes das ações antrópicas têm provocado alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo, principalmente na perda da matéria orgânica do solo (MOS) modificando assim, os teores e estoques de nitrogênio (N) no solo dos biomas brasileiros. Nesse contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar os teores de estoque de N nas suas formas nítricas e amoniacais em solos sob diferentes usos e manejos nos biomas Caatinga e Cerrado. A presente pesquisa foi desenvolvida no Cerrado piauiense na serra do Quilombo, situada no município de Bom Jesus e o local de Caatinga foi desenvolvido no município de Santa Luz situada no Piauí. Os tratamentos foram constituídos por dois biomas (Caatinga e Cerrado), três usos da terra (vegetação nativa, pastagem e agricultura) e sete profundidades de solo no perfil (0 - 10, 10 - 20, 20 - 30, 30 - 40, 40 - 60, 60 - 80 e 80 - 100 cm). As variáveis analisadas foram: N total e N mineral (nitrato e amônio) e por diferença, estimou-se o N orgânico e o estoque de N. De acordo com os resultados, a conversão de uso do solo dos ecossistemas para agroecossistemas promove aumentos do N orgânico e estoque de N no bioma Caatinga. A conversão de vegetação nativa para pastagem ou agricultura no bioma Cerrado promove aumentos nos valores de todas as variáveis estudadas na camada arável de 0-20 cm, principalmente na pastagem. Independentemente do bioma avaliado, foi observado que os valores das diferentes formas de nitrogênio no solo, decresceram com o aumento da profundidade em todos os sistemas de manejos (vegetação nativa, pastagem e agricultura). A conversão de um sistema natural para uso agrícola é algo que pode ou não causar impactos nos teores de nitrogênio no solo, como foi apresentado nesse estudo, a substituição da vegetação nativa nos biomas Caatinga e Cerrado para o uso agrícola (agricultura e pastagem) condicionaram maiores teores de nitrogênio ao solo quando comparados aos encontrados na vegetação nativa.

**Palavras-chave:** Sistema de manejo, Uso do solo, Matéria orgânica, Distribuição vertical

## **ABSTRACT**

Modifications in the systems of use and management of the soil for the accomplishment of anthropic actions, provoke the alterations in the physical, physical and biological characteristics of the soil, mainly in the substitution of the organic matter of the ground (MOS) modifying, thus, the contents and the nitrogen stocks (N) of Brazilian biomes. In this context, the objective of this study was to evaluate the levels of N in its nitric and ammonia forms in soils under different uses and management in the Caatinga and Cerrado biomes. The present research was carried out in the Cerrado of Piauí in the Quilombo mountain range, located in the municipality of Bom Jesus, and the site of Caatinga was developed in the municipality of Santa Luz, located in Piauí. The treatments consisted of two biomes (Caatinga and Cerrado), three land uses (native vegetation, pasture and agriculture) and seven soil depths in the profile (0 - 10, 10 - 20, 20 - 30, 30 - 40, 40 60-60-80 and 80-100 cm). The variables analyzed were: total N and mineral N (nitrate and ammonium) and by difference, the organic N and the N stock were estimated. According to the results, the conversion of soil use from ecosystems to agroecosystems promotes increases in organic N and N stock in the Caatinga biome. The conversion of native vegetation to pasture or agriculture in the Cerrado biome promotes increases in the values of all variables studied in the 0-20 cm arable layer, mainly in pasture. Regardless of the evaluated biome, it was observed that the values of the different forms of nitrogen in the soil decreased with increasing depth in all management systems (native vegetation, pasture and agriculture). The conversion of a natural system to agricultural use is something that may or may not cause impacts on soil nitrogen contents, as it was presented in this study, the substitution of native vegetation in the Caatinga and Cerrado biomes for agricultural use (agriculture and pasture) conditioned higher levels of nitrogen to the soil when compared to those found in native vegetation.

**Key-word:** Management system, Soil use, Organic matter, Vertical distribution

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Localização do Bioma Caatinga. Fonte: IHU, 2012.**Error! Bookmark not defined.**

**Figura 2** - Distribuição do bioma Cerrado no Brasil. Fonte: IBGE (2004). ..... 5

**Figura 3** - Localização das Áreas de Estudo..... 111

**Figura 4** - Demonstração de trincheira para coleta de amostras de solo. (A) gabarito para marcação da trincheira. (B) trincheira de 1 x 1 x 1m. (C) detalhe da estratificação do perfil do solo em camadas para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo. Fonte: Jesus et al. (2016)..... 133

**Figura 5** - Densidade do solo referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico. .... 19

**Figura 6** - Nitrogênio total ( $N_{total}$ ), referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10 – 20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.....211

**Figura 7** - Norgânico, referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm) ), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico. ....233

**Figura 8** - Estoque de Nitrogênio, referentes aos biomas e diferentes manejos. Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10 – 20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico. ....244

**Figura 9** - Amônio ( $NH_4^+$ ) referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico. ....26

**Figura 10** - Nitrato ( $NO_3^-$ ) referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura(Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico. ....27

**Figura 11** - Distribuição vertical referentes as variáveis Nitrogênio total ( $N_{total}$ ) (A), Estoque de Nitrogênio (Est. de N) (B), Nitrogênio da Matéria Orgânica Particulada ( $N_{MOP}$ ) (C) e Nitrogênio Associado aos Minerais ( $N_{AM}$ ) (D), no bioma Caatinga em diferentes profundidades: (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico..... 30

**Figura 12** - Distribuição vertical referente às variáveis Nitrogênio total ( $N_{total}$ ) (A), Estoque de Nitrogênio (Est. de N) (B), Nitrogênio da Matéria Orgânica Particulada ( $N_{MOP}$ ) (C) e Nitrogênio Associado aos Minerais ( $N_{AM}$ ) (D), no bioma Cerrado em diferentes

profundidades: (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.....	33
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Uso e histórico das áreas de estudo .....	12
<b>Tabela 2</b> - Histórico do uso da terra e seleção de características químicas do solo (0–100 cm) dos Latossolos nos bioma Caatinga e Cerrado, Piauí, Brasil. ....	15
<b>Tabela 3</b> - Características granulométricas (areia, silte e argila) do solo para as diferentes profundidades do solo (0–100 cm) com diferentes manejos, dos Latossolos nos bioma Caatinga e Cerrado, Piauí, Brasil.....	15

## 1. INTRODUÇÃO

Mudanças no uso e manejo do solo têm afetado a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos, dentre eles o do nitrogênio. Uma das principais mudanças provocadas pelo homem é a conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas, a qual envolve uma série de atividades que afetam diretamente as taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo, modificam assim suas características físicas, químicas e biológicas.

No Brasil, nos mais diferentes ecossistemas, extensas áreas naturais vem sendo convertidas em áreas voltadas para produção agrícola. O bioma Cerrado, por exemplo, tem sido convertido em áreas agrícolas, no qual os sistemas de manejo são caracterizados por revolvimento intensivo e frequente do solo (Pragana et al., 2012). Segundo Silva et al., (2018) em estudos realizados no cerrado localizados no Matopiba observaram que os processos de modernização da agricultura se intensificou a parti de 2005; visando assim tornar as terras da região extremamente produtivas, para que isso acontecesse houve aumento intensivo nos processos de mecanização da agricultura justamente com aplicação de insumos para corrigir a acidez do solo (Belchior et al., 2017).

Neste contexto, grandes áreas são submetidas a mecanização intensiva e isso tem gerado preocupações sobre os potenciais impactos que a mudança do uso da terra tem causado nos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos solos (Fu et al., 2015).

A Caatinga também sofre com a destruição de suas áreas naturais, pois é o terceiro Bioma mais degradado do Brasil (Myers et al., 2000). Devido as intensas alterações as quais a Caatinga vem passando, extensas áreas já se encontram em processo de desertificação, processo que tem estreita relação com a degradação da vegetação e do solo, pois essas modificações reduzem a presença da cobertura vegetal, que ao longo do tempo, torna-se inexistente, com isso tem provocado aumento dos processos erosivos deteriorando as compartimentos físicas, químicas e biológicas do solo (CCD, 1995).

Essas conversões de áreas naturais em áreas agrícolas têm influenciado diretamente nos fluxos biogeoquímicos, especialmente do nitrogênio, onde o mesmo apresenta um alto risco ao funcionamento e a manutenção dos ecossistemas, além de também causar mudanças no clima (Steffen et al., 2015).

De acordo com o sistema de uso e manejo do solo adotado, pode ocorrer um desequilíbrio na dinâmica do N, podendo acarretar no aumento ou diminuição deste nutriente e suas diferentes formas em relação ao sistema natural, tendo como consequência a modificação da qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) (Bingham & Cotrufo 2016).

O N é um nutriente fundamental no sistema solo-planta, ele é um elemento relevante nos estudos de MOS. A maior parte do N está na fração orgânica do solo, com aproximadamente 90%, ou seja, um reservatório disponível no solo na forma de nitrato e amônio (D'Andréa et al., 2004). A mineralização da matéria orgânica do solo, da qual fazem parte as reações de amonificação e nitrificação, transformam, em média, 2 e 5% do N orgânico por ano, respectivamente. Processos estes, que são influenciados pelo uso e manejo do solo (Moreira & Siqueira, 2002).

Diante deste cenário, um dos grandes problemas da atualidade está relacionado com a degradação dos solos ocasionada pela conversão do ecossistema em sistemas de produção agrícola (Carneiro et al., 2009; Salton et al., 2014)

Estima-se que globalmente a agricultura seja responsável por emitir aproximadamente 80% do óxido nitroso ( $N_2O$ ) para a atmosfera, efeito esse provocado principalmente pelas mudanças promovidas no uso do solo, como um produto intermediário de processos microbianos (nitrificação, desnitrificação e desnitrificação de nitrificantes) regulados principalmente pela disponibilidade de N no solo, seu teor de água e taxa de aeração (Volpi et al., 2018). No entanto, aplicando-se o manejo adequado do solo com práticas que preservem sua estrutura e qualidade, praticas essa que venham manter as estruturas e qualidades do solo o mais próximo possível das encontradas nos ecossistemas é possível que se tenha um aumento nos teores e estoque de N no solo.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar os teores de estoque de N e suas formas nítricas e amoniacais em solos sob diferentes usos e manejos nos biomas Caatinga e Cerrado.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Bioma Caatinga

A Caatinga é o único bioma brasileiro, ou seja, a única região natural brasileira cujos seus limites estão inteiramente restritos ao território nacional. Este bioma é proporcionalmente o menos estudado entre os biomas brasileiros, com grande parte do esforço científico estando concentrado em alguns poucos pontos. Na Caatinga as unidades de conservação cobrem menos de 2% de sua área, caracterizando assim o bioma como uma região natural brasileira menos protegida (Leal et al., 2003).

Este bioma tem passado por um extenso processo de alteração e deterioração ambiental provocado pelo uso insustentável dos seus recursos naturais, o que está levando à rápida perda de espécies endêmicas, à eliminação de processos ecológicos chaves e à formação de extensos núcleos de desertificação em vários setores da região (Leal et al., 2003). Na classificação da degradação o bioma caatinga ocupa o terceiro lugar, perdendo apenas para o Cerrado e a Floresta Atlântica, essa posição tem como motivo às alterações provocadas pelo desmatamento (Myers et al, 2000).

Ao se tratar de ocupação, a Caatinga ocupa aproximadamente uma área de 850.000 km<sup>2</sup>, cerca de 10% do território nacional, englobando de forma contínua parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia (região Nordeste do Brasil) e parte do norte de Minas Gerais (Drumond et al., 2012).



**Figura 1.** Localização do bioma Caatinga. Fonte: IBGE, (2012)

O bioma semiárido Caatinga se destaca por ser o mais biodiverso do mundo, sendo extremamente distinto em espécies animais, vegetais, em paisagens e sob o ponto de vista “genético” (Seyffarth, 2012). O clima é Semiárido, com uma estação chuvosa curta e longos meses sem chuva, onde a evapotranspiração potencial supera a precipitação praticamente em todos os meses do ano (Schistek, 2012). A característica da chuva no bioma Caatinga é irregular em dois sentidos: no tempo e no espaço geográfico.

Ao longo de centenas de anos, a Caatinga vem sofrendo com o uso insustentável de seus solos e seus recursos naturais, causando assim a sua degradação. Com a expansão da mudança do uso do solo principalmente a conversão de áreas naturais em áreas para uso agrícola, tem causado o aumento do nível de degradação dos recursos naturais do bioma Caatinga, assim como a redução da cobertura vegetal do solo, causando alterações na manutenção da fertilidade natural e redução da matéria orgânica do solo MOS (Menezes & Sampaio, 2002).

As atividade antrópicas não sustentáveis, o uso inadequado do solo, como a agricultura de corte e queima a qual converte, anualmente, remanescentes de vegetação em culturas de ciclo curto tem causado significativos danos ambientais e consequentemente tem acelerado o processo de desertificação na Caatinga (Leal et al. 2005).

E a conversão de sistemas naturais, em áreas agrícolas principalmente as que fazem o uso de sistemas convencionais, provoca o declínio da MOS, onde há interferência direta nos teores e estoque de N no solo, já que 95% do N na maioria dos solos são provenientes de compostos orgânicos (Knicker, 2011).

Segundo Chapin et al. (2012), a maior parte do N orgânico, cerca de 400 t/ano<sup>-1</sup> que entra no solo é proveniente da matéria orgânica particulada ou da matéria orgânica dissolvida da serapilheira e da cama de raízes acima do solo (Knicker, 2011). Portanto os diferentes usos e manejos edáficos como por exemplo a agricultura de corte e queima e implantação de culturas de ciclos curtos, adotados no bioma Caatinga tem interferido diretamente nos teores e estoque de N no solo, já que os mesmos estão diretamente ligados ao tipo de vegetação.

## **2.2 Bioma Cerrado**

A maior região de savana tropical da América do Sul, incluindo grande parte do Brasil Central e parte do nordeste do Paraguai e leste da Bolívia, o bioma Cerrado (Figura 2).



**Figura 2** - Distribuição do bioma Cerrado no Brasil. Fonte: IBGE, (2014).

O Bioma Cerrado ocupa a totalidade do Distrito Federal e os estados de Goiás (97%), Mato Grosso (40%), Mato Grosso do Sul (61%), Tocantins (97%), Maranhão (65%), Bahia (27%), Piauí (37%), Minas Gerais (57%), São Paulo (33%) e Paraná (2%), além de porções de outros seis estados (IBGE, 2004).

Este importante bioma faz limite com outros quatro biomas brasileiros: a leste e a nordeste com a Caatinga, a leste e sudeste com a Mata Atlântica a sudoeste com o Pantanal e ao norte, encontra-se com a Amazônia. Nas áreas de contato, estão as faixas de transição ou ecótonos. Nenhum outro bioma sul-americano possui tantas zonas de contatos biogeográficos tão distintos, conferindo-lhe um aspecto ecológico único (MMA, 2009).

O Cerrado ocupa aproximadamente 24% (2.036.448 km<sup>2</sup>) do território brasileiro. Sua área nuclear (área core) abrange o Distrito Federal e dez estados, somando aproximadamente 1.500 municípios. Ocorre ainda em encaves isolados em praticamente quase todos os estados. Os mais expressivos encaves, contudo, são: Campos de Humaitá e Campos do Puciarí (Amazonas), Serra dos Pacaás Novos (Rondônia), Serra do Cachimbo (Pará) e Chapada Diamantina (Bahia) (MMA, 2009).

Considerado o segundo maior bioma brasileiro o Cerrado, ocorre em altitudes que variam de 300 a mais de 1.600m, sendo uma das regiões de maior biodiversidade do mundo. Nele podemos encontrar um mosaico com expressiva diversidade vegetal, campos matas, savanas, áreas úmidas e matas de galeria, é um complexo de formações vegetais que ocupa aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> no território brasileiro (Brasil, 2018). Essa diversidade de fitofisionomias é resultante da diversidade de solos, de topografia e de climas que ocorrem no Brasil Central. Portanto, por essas razões, e principalmente pela alta biodiversidade, este

bioma é considerado como um dos mais ricos, mas também um dos mais ameaçados do mundo (Borges, 2016).

Com relação as características climáticas, o bioma apresenta precipitações variando entre 600 a 800 mm no limite com a Caatinga e de 2.000 a 2.200 mm na interface com a Amazônia. Com esta peculiaridade, existe uma grande variabilidade de solos, bem como, diferentes níveis de evolução (Reatto & Martins, 2005). O clima também pode ser dividido em duas estações bem definidas, uma seca, que tem início no mês de maio, terminando no mês de setembro, e outra chuvosa, que vai de outubro a abril.

O Cerrado é um dos biomas brasileiros mais ameaçados em função de seu convertimento para usos alternativos do solo, no Estado do Piauí, por exemplo, o cerrado representa um considerável percentual da produção brasileira de grãos (2% - arroz, milho e soja), fibra (1% - algodão) e pecuária (1% - bovinos de corte) (IBGE, 2018), e essa região se encontra no foco das potenciais mudanças nos ecossistemas para a expansão das áreas de produção de matéria-prima, devido apresentar características do solo e do clima, favoráveis ao desenvolvimento de produtos agrícolas com altos valores econômicos (Gmach et al. 2018).

As mudanças nos ecossistemas tem provocado um aumento significativo no processo de desmatamento do bioma cerrado (Karp et al., 2015), causando assim consequências desfavoráveis ao solo, como a redução da MOS, a qual é reduzida em um período de tempo relativamente curto, causando assim alterações significativas as propriedades físicas e biogeoquímicas dos solos do Cerrado (Hunke et al., 2015).

Manejo deficiente do solo como por exemplo manejos convencionais, pode provocar um alto no processo de erosão do solo, já que esses tipos de manejo pode ocasionar em média perda a de aproximadamente 25 t/ha/ano da camada superficial do solo, já em manejos os quais possuam práticas de conservação, como o plantio direto, possam reduzir a erosão a 3ton/ha/ano (Rodrigues, 2002).

Os sistemas agrícolas implantados no Cerrado piauiense tem sido motivo de preocupações, já que são caracterizados pelo intenso e frequente revolvimento do solo (Pragana et al., 2012).

Supondo que o Cerrado piauiense, onde as condições climáticas primordialmente dispõe de altas temperatura e curto período de chuvas, e o solo é caracterizado com alto teor de areia, portanto juntamente com todos esses fatores o revolvimento intensivo do solo facilita a decomposição do material orgânico e a mineralização da MOS (Gmach et al. 2018), reduzindo assim seu teor no solo e conseqüentemente ocasiona também a redução nos teores

e estoque de N, já que a maior parte do estoque de N do solo está nas formas de matéria orgânica (MO) (Schulten & Schnitzer, 1998).

### 2.3 Nitrogênio no solo

Ao descrever o nitrogênio no solo deve-se entender e conhecer qual o percurso, usado para que esse nutriente chegue até o ecossistema. O N pode entrar no solo por meio de deposição, que ocorre de várias maneiras, através de deposição dos gases atmosféricos, deposição de resíduos de animais, através da precipitação, (Santos, 2017), ou pode entrar por meio da fixação biológica, que tem como responsáveis as bactérias que vivem associadas às raízes das plantas, principalmente das leguminosas ou as bactérias de vida livre no solo (Chapin et al. 2011).

Estudos realizados por Gonçalves et al. (2000) demonstram, claramente, o efeito de aumento da disponibilidade de N para a primeira cultura cultivada em sucessão a leguminosas, chegando à conclusão que fazendo uso de leguminosas ocorria aumento dos teores de N prontamente disponíveis para as plantas.

O nitrogênio de uma forma geral segundo Bremner, (1965) e Fassbender, (1975) é encontrado no solo de três formas, compostos orgânicos de nitrogênio e em pequena proporção (5-15%) de íons de ( $\text{NH}_4^+$ ) e íons de ( $\text{NO}_3^-$ ). Do N prontamente disponível no solo, cerca de 95% a 99% se encontra na sua forma orgânica a qual é encontrada tanto em resíduos vegetais quanto animais, em organismos vivos e na matéria orgânica.

A maior parte deste N orgânico, cerca de 400 t/ano<sup>-1</sup> globalmente (Chapin et al., 2012), entra no solo como matéria orgânica particulada (MOP) ou matéria orgânica dissolvida através da serapilheira.

De acordo com Bingham e Cotrufo (2016), o N principalmente o orgânico (NO) também é introduzidos no solo por meio de resíduos e exsudados, ele ainda pode ser encontrado no solo na forma NO pirigênico que advindo de ecossistemas afetados pelo fogo. O Nitrogênio orgânico antes de ser mantido na matriz do solo pode alternar entre a biomassa microbiana e os resíduos, passando assim pelos processos de adsorção e a dessorção das partículas dos minerais d (Knicker, 2011; Marín-Spiotta et al., 2014).

O nitrogênio orgânico no solo pode ser transformado em nitrogênio inorgânico ou pode converter os íons de nitrogênio orgânicos em formas inorgânicas (Santos, 2017). Onde esses processos são controlados exclusivamente pelos microrganismos e gera o aparecimento de amônia ( $\text{NH}_3$ ), que comumente reage instantaneamente com o  $\text{H}^+$  da solução do solo produzindo o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) que pode ser retido nas cargas negativas dos

coloides, absorvido pelas plantas ou microrganismos ou principalmente pode passar pelo processo de transformação, que é denominado de nitrificação onde o  $\text{NH}_4^+$  é transformado em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que logo em seguida é convertido em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), desnitrificação é o processo o qual o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é convertido novamente em nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) (Chapin et al. 2011).

Uma vez no solo, o nitrogênio estará em formas muito instáveis e está sujeito a várias transformações e passível a saída do sistema.

Como citado anteriormente o N no solo também está passivo de perda, que é algo que tem gerado bastante preocupações, já que, o nitrogênio provoca poluição tanto na atmosfera quando é perdido em forma de gás, processo que é denominado de desnitrificação o qual ocorre quando algumas bactérias anaeróbicas atuam através de reduções bioquímicas liberando assim  $\text{N}_2\text{O}$  para a atmosfera, que é um dos principais gases responsáveis pelas alterações climáticas (Dalal et al. 2013, Houghton et al., 2012).

O N também é perdido por lixiviação, perda que ocorre devido o nitrogênio possuir alta mobilidade no solo, pois a força de adsorção do nitrato pelos colóides do solo é muito fraca portanto o N é lixiviado pelo movimento descendente de água do solo, o que tem provocado a contaminação dos lençóis freáticos. O N no solo também pode ser perdido em virtude de processos de volatilização, desnitrificação e erosão (Stevenson, 1982).

Segundo Ebelhar et al., (1984), uma das formas de minimizar a perda de N por lixiviação é manter sempre plantas em crescimento para reciclagem de nutrientes e cobertura do solo, mesmo que seja com espécies que não fixam N, mas que acumulam e reciclam grande quantidade de N na biomassa.

Outro processo que também tem influência sobre o N no solo é o de imobilização o qual é definido como a transformação do N-inorgânico para formas orgânicas microbianas. De acordo com Camargo et al. (1999) microbiota faz o processo de assimilação dos compostos inorgânicos nitrogenados, logo após incorporando-os nos aminoácidos os quais irão participar da síntese de proteínas de suas células durante a formação de biomassa no solo.

Para entender o nitrogênio no solo é necessário entender suas formas de entradas e saída do ecossistema e conhecer previamente todas as suas transformações e processos, não só isso, mas entender também quais as características e qualidade do solo que venha favorecer a permanência desse nutriente no solo.

As características físicas, químicas e principalmente as biológicas do solo juntamente com a MOS são responsáveis por regular os teores e formas de N no solo, já que todos estão diretamente ligados. Por exemplo, a presença de partículas minerais de argila

associados à pequenos espaços de poros no solo facilitam múltiplas ligações com MO, resultando assim em maior retenção e armazenamento da mesma no solo (Kogel-Knabner et al., 2008),

Os minerais filossilicatos os quais desempenham um papel importante na retenção da MO e estão frequentemente associados a níveis mais elevados de retenção de N no solo (Deb e Shukla, 2011; Grandy et al., 2009), os óxidos de Fe e Al-silicatos mal cristalizados tem propriedades que levam ao aumento da adsorção de MO e N, especialmente em subsolos e em pH mais baixo e podem os quais podem fornecer melhor capacidade de adsorção do que argilas de filossilicatos (Dippold et al., 2014; Kaiser e Zech, 2000).

## **2.4 Nitrogênio e as mudanças no uso e manejo do solo**

Modificações nos sistemas de uso e manejo do solo provenientes das ações antrópicas têm provocado alterações nas características morfológicas, químicas, físicas e biológicas do solo, principalmente na perda de MOS modificando, assim, os teores e estoques de nitrogênio (N) no solo dos biomas brasileiros. O nitrogênio é um dos principais nutrientes ecossistêmicos e, muitas vezes, sua disponibilidade limita a produção primária líquida, bem como a estabilização da matéria orgânica do solo (Bingham et al. 2016)

Quando se mantem o solo em suas condições naturais, o qual apresenta uma cobertura vegetal nativa, o mesmo se encontra em equilíbrio com relação ao balanço entre as taxas de adição e perda de nitrogênio (N) (Sanchez, 1976). Já quando esse sistema tem seu equilíbrio alterado com uso para fins agrícolas a dinâmica do N também é alterado, modificando os seus níveis no solo, isso é decorrente da diminuição da proteção física da matéria orgânica do solo (Bayer, 2000).

Em um estudo realizado em uma região do Cerrado no Brasil, o qual avaliou relação entre o carbono e o nitrogênio no solo sob diferentes usos e aspectos geomorfológicos, chegou à conclusão que as mudanças no uso do solo acabam provocando alterações na dinâmica de carbono e nitrogênio em suas camadas mais superficiais. (Santos, 2017)

Segundo Dalal et al. (2013), alterações no uso e manejo do solo acaba causando um possível aumento na perda de N do solo, devido a intensificação nos processos de mineralização e desnitrificação, emitindo assim mais  $N_2O$  para atmosfera e contribuindo para o quadro de mudanças climáticas, de acordo D'Andrea et al. (2004) isso acontece porque a implantação de culturas anuais pode aumentar o teor de nitrogênio em sua forma nítrica, a qual é facilmente perdida para outros compartimentos do ecossistema (Brady & Weil, 2013).

Em um estudo realizado por Fracetto et al. (2012), ao avaliarem a conversão de uma área de vegetação nativa no bioma Caatinga para o cultivo de mamona, observaram que essa conversão ocasiona diminuição de cerca de 50 % no estoque de N no solo.

No entanto, a utilização de manejos que possuam sistema conservacionista pode reestabelecer o equilíbrio do balanço entre adição e perda de N do solo, após ocorrer o restabelecimento do equilíbrio das transformações no solo (SÁ, 1995).

Vários estudos têm mostrado que a implantação de sistemas conservacionistas, como o plantio direto geralmente aumenta o conteúdo de N do solo em comparação com o preparo convencional (Dikgwatlhe et al., 2014). A gestão de resíduos pode influenciar o N do solo, a retenção de resíduos agrícolas pode melhorar a qualidade do solo (agregação), reduzir a erosão e aumentar a entrada de N (Blanco-Canqui, 2010; Karlen et al., 2011).

Souza e Melo (2000), avaliando o efeito de sistemas de produção sobre a dinâmica do N no solo, em diferentes tipos de sistema e manejo, um convencional e o outro conservacionista, os autores relatam que a mudança do sistema convencional para um sistema conservacionista causou elevação na quantidade de nitrogênio potencialmente mineralizável em mais de 80%.

Segundo estudo realizado por Amado et al. (1999), constataram que o uso de sistema o qual manejo do solo disponha de uma mínima mobilização, associação com sistemas de rotação de cultura, que incluam leguminosas, acaba promovendo um maior acúmulo de N total na camada superficial do solo.

Zhang et al. (2016) analisaram os efeitos dos sistemas de preparo do solo conservacionista (Plantio Direto) e outro convencional a longo prazo, foi observado que as práticas conservacionistas (Plantio Direto) a longo prazo aumentaram significativamente os teores de Nitrogênio e suas frações no solo, especialmente nas camadas superiores do solo (0-10 cm).

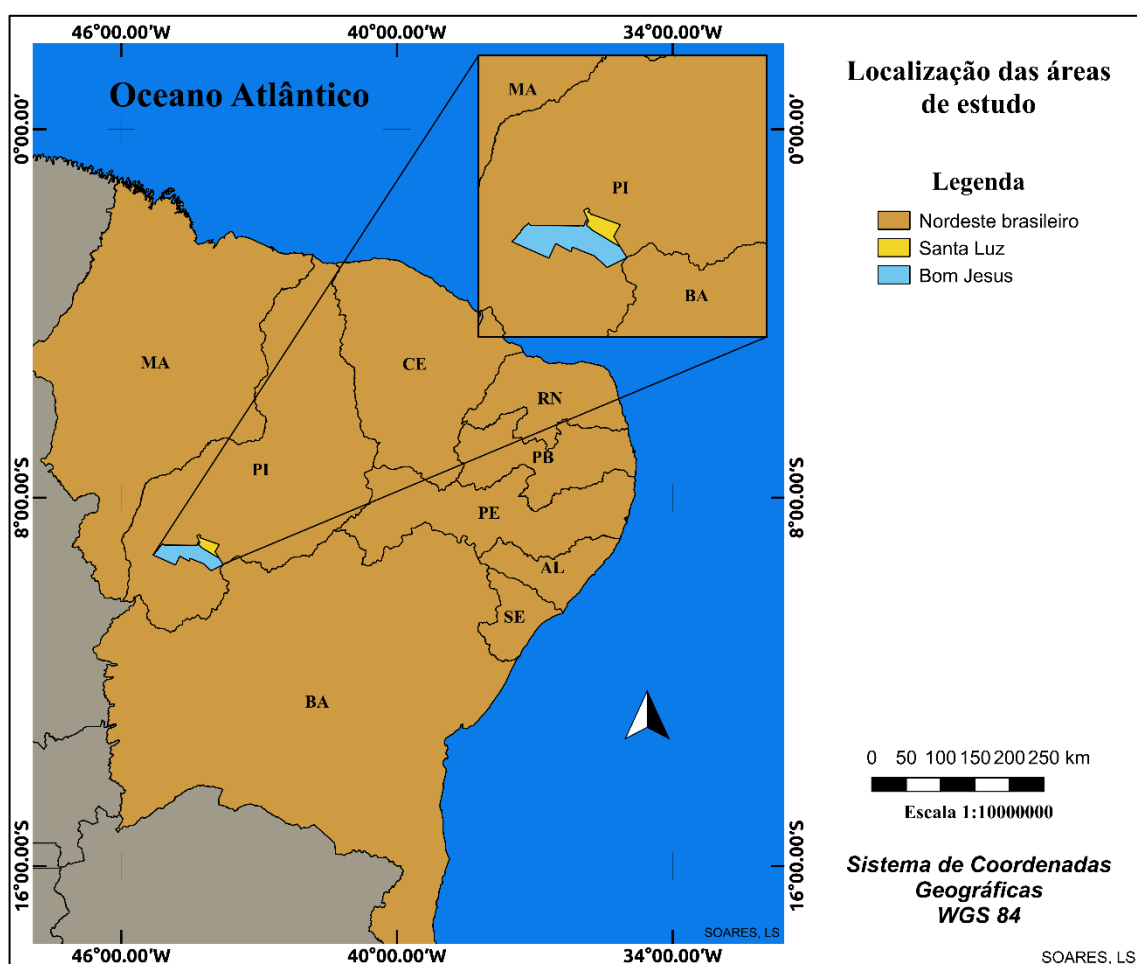
Como podemos observar pelo que foi discutido anteriormente as alterações no uso e manejo do solo, assim como as conversões de sistemas naturais em áreas agrícolas provoca alterações no nitrogênio do solo, essas mudanças acabam gerando também incertezas na dinâmica do nitrogênio nos ecossistemas (Dalal et al. 2013), mas quando se adota sistemas de uso e manejo as quais não agredam em grande escala o solo, mantendo assim suas estruturas essas alterações e incertezas N são minimizadas.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição das áreas

A presente pesquisa foi desenvolvida no Cerrado piauiense na serra do Quilombo ( $9^{\circ}16.747'S$ ,  $44^{\circ}52.415'O$ ) com altitude de 660 m, situada no município de Bom Jesus e a áreas de no município de Santa Luz ( $08^{\circ} 57' 14'' S$   $44^{\circ} 07' 46'' W$ ) com altitude 345 m. As áreas estudadas estão localizadas na região sudoeste do estado do Piauí.



**Figura 3 - Localização das Áreas de Estudo**

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013). A região possui duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa que engloba os meses de outubro a maio e a outra seca que vai de junho a setembro.

O clima da região é tropical úmida (classificação de Aw - Köppen) com temperatura média de  $26,5^{\circ}C$  e precipitação média anual de 1200 mm. (Aguiar e Gomes, 2004)

### 3.2 Delineamento utilizado

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois biomas (caatinga e cerrado), três usos da terra (vegetação nativa, pastagem e agricultura) e sete profundidades de solo no perfil (0-10,10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), totalizando 126 unidades experimentais.

### 3.3 Histórico da área

**Tabela 1** - Uso e histórico das áreas de estudo

Bioma	Uso	Histórico de manejo
Caatinga	Vegetação Nativa	Área de Caatinga nativa sem intervenção antrópica, utilizada como referência.
	Agricultura	Área desmatada com em 2011. Agricultura de pequeno porte só para subsistência das famílias. Em 2012/2013 plantio de milho e feijão. No ano de 2014 foi realizado o plantio de mandioca. Em 2016 plantio de milho.
	Pastagem	Área desmatada em 2013. No ano de 2015 foi realizado o plantio do pasto capim elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach). Área irrigada por aspersão. Não utilizou nenhum fertilizante químico.
Cerrado	Vegetação nativa	Vegetação nativa, sem interferência humana.
	Agricultura	Área desmatada em 1999, no ano de 2000 foi aplicado 1,5 t/ha <sup>1</sup> de calcário dolomítico utilizando subsolagem. No ano agrícola 2002/2003 foram usados 400 kg/ ha de superfosfato simples (08-24-12) e 100 kg/há <sup>1</sup> de N antes do plantio do milho. Em 2004 aplicou-se mais 2 toneladas de calcário dolomítico. No ano agrícola 2004/2005 foi realizado o plantio de soja. Em 2006 aplicou-se mais 2 toneladas de calcário. No ano agrícola 2012/2013 foi realizado o plantio de soja. Em 2006 aplicou-se mais 2 toneladas de calcário. No ano agrícola 2012/2013 foi realizado o plantio de milho+braquiária. Em 2014/2017 foi realizado o plantio de soja. Plantio utilizado é o plantio direto.
	Pastagem	Área desmatada em 1999, no ano de 2000 foi aplicado 1,5 t/há <sup>1</sup> de calcário dolomítico, utilizando subsolagem. No ano agrícola (2002/2005) foram utilizados 100kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 100 kg/ha K na linha do plantio, distribuídos antes do plantio da soja. No ano agrícola de 2006/2007 foram usados 400 kg/ha de superfosfato simples na linha do plantio, para o plantio de milho. Em 2008/2011 foi realizado o plantio de soja. No ano de 2012 foi aplicado mais 1,5 tonelada de calcário superficialmente. Em 2014 foi realizado plantio de pasto ( <i>Panicum maximum</i> cv. Massai).

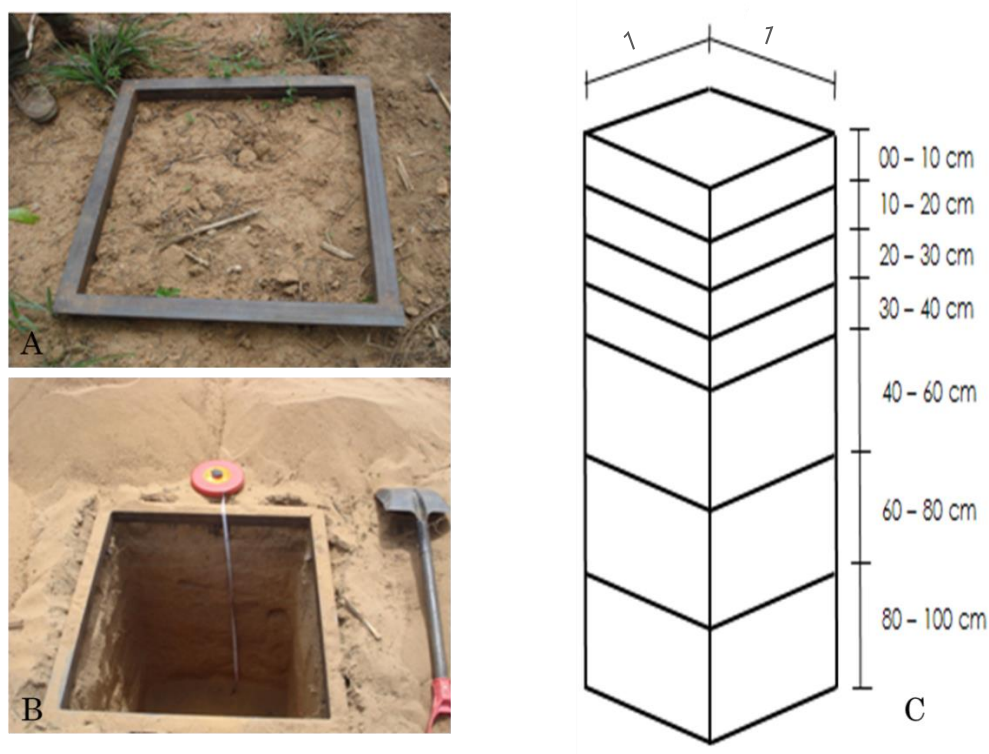
### 3.4 Descrição das coletas e amostragem de solo

Os pontos de coleta de amostras foram escolhidos aleatoriamente com o uso de um quadro de 1m x 1m, o qual foi feito um lançamento aleatório nas áreas da pesquisa, sendo escolhidos assim três pontos de coleta em cada área.

Em cada ponto de coleta foi aberta uma trincheira de 1 x 1 x 1m onde foram coletadas amostras do perfil, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, para assim, evitar que os efeitos sejam diluídos no perfil e melhorar o entendimento das mudanças.

As amostras coletadas foram de dois tipos: amostras indeformada e amostras de solo representativas de cada camada. Antes da abertura da trincheira, foi feita a limpeza da área onde as amostras de solo foram coletadas.

Em cada camada foram coletadas três (03) amostras indeformadas. Logo em seguida o solo foi peneirado e foi feito a coleta das raízes. Logo após foi armazenado em média de 1 kg de amostra de solo de cada camada e acondicionada em saco plástico, etiquetadas e encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo (LFS), do Departamento de Solo e Engenharia Rural (DSER), do CCA da UFPB.



**Figura 4** - Demonstração de trincheira para coleta de amostras de solo. (A) gabarito utilizado para marcação da trincheira. (B) trincheira de 1 x 1 x 1m. (C) detalhe da estratificação do perfil do solo em camadas para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo. Fonte: Jesus et al. (2016).

### **3.5 Preparo das amostras do solo**

As análises das amostras de solos foram iniciadas a partir da preparação das amostras de solo deformadas (Secagem, moagem, tamisação, acondicionamento armazenamento).

Após as amostras chegarem ao laboratório os torrões maiores foram quebrados manualmente e, em seguida fez-se o revolvimento da amostra para agilizar a secagem. As amostras foram secas a 40° C em estufas com circulação de ar. O tempo de secagem variou de acordo com a amostra.

As amostras, após secas, ainda apresentaram torrões onde foi utilizado o almofariz com pistilo de porcelana para uma perfeita moagem, tomando os devidos cuidado para não moer cascalhos e calhaus. Em seguida, as amostras foram passadas em peneira com malha de 2 mm. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e homogeneizada manualmente para serem colocadas em caixas de papelão devidamente identificadas.

As preparações das amostras indeformadas de solo foram transferidas para recipientes de alumínio previamente pesados em balança analítica de precisão e em seguidas levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 105 °C por 72 horas. Depois de retiradas da estufa os recipientes foram colocados em dessecadores para obter a massa seca de solo.

### **3.6 Análises químicas e físicas**

As análises químicas constaram na determinação dos valores de pH em água e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H+Al}$ , nas diferentes profundidades do solo seguindo a metodologia da Teixeira et al, (2017) (Tabela 1). As análises físicas constarão de granulometria (areia, silte e argila), seguindo metodologia da (Teixeira et al, 2017). (Tabela 2).

**Tabela 2** – biomas, manejo e características químicas do solo nas profundidades de (0-10 e 10–20 cm) em um Latossolos Amarelo distrófico, Piauí, Brasil.

Bioma	Uso	Prof.	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>
		(cm)	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Caatinga	Agricultura	0-10	4,44	4,90	0,09	0,11	0,11	0,23	2,54
Caatinga	Agricultura	10-20	4,17	4,46	0,05	0,03	0,05	0,32	2,53
Caatinga	Nativa	0-10	4,56	2,85	0,07	0,04	0,07	0,27	3,10
Caatinga	Nativa	10-20	4,46	1,26	0,04	0,01	0,02	0,32	3,11
Caatinga	Pastagem	0-10	5,19	44,23	0,09	0,20	0,22	0,10	2,39
Caatinga	Pastagem	10-20	4,90	59,94	0,04	0,27	0,14	0,18	2,05
Cerrado	Agricultura	0-10	6,15	63,40	0,28	0,76	0,54	0,05	2,01
Cerrado	Agricultura	10-20	4,94	17,28	0,12	0,13	0,21	0,20	2,92
Cerrado	Nativa	0-10	4,18	2,36	0,03	0,02	0,05	0,56	4,63
Cerrado	Nativa	10-20	4,34	1,25	0,02	0,02	0,03	0,37	3,33
Cerrado	Pastagem	0-10	6,17	70,18	0,16	0,73	0,70	0,10	2,42
Cerrado	Pastagem	1020	5,04	61,10	0,20	0,22	0,23	0,23	4,68

pH em água, relação 1:2,5; P, extrator Mehlich 1, extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>. Prof, profundidade

**Tabela 3** - Características granulométricas (areia, silte e argila) de um Latossolo Amarelo distrófico em diferentes profundidades com diferentes manejos, Piauí, Brasil.

Bioma	Uso	Areia	Silte	Argila
		g kg <sup>-1</sup>		
Caatinga	Agricultura	687	50	263
Caatinga	Nativa	665	107	228
Caatinga	Pastagem	749	43	208
Cerrado	Agricultura	757	50	193
Cerrado	Nativa	706	54	240
Cerrado	Pastagem	710	43	242

### 3.6.1 Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo foi utilizando o método do anel volumétrico conforme descrito pela (Teixeira et al., 2017). Onde a densidade do solo (Ds) foi determinada pela equação:

$$Ds = m / V$$

Em que, Ds é a densidade solo (g cm<sup>-3</sup>); m é a massa do solo seco a 105 ° C por 72 horas (g) e V é o volume do cilindro utilizado para obtenção das amostras indeformadas de solo (cm<sup>-3</sup>).

### 3.6.2 Determinação do Nitrogênio Total

Os teores totais de nitrogênio foram determinados via combustão a seco utilizando um analisador elementar CHN (TruSpec CHN LECO® 2006, St. Joseph, EUA). Essa é a metodologia padrão de uso internacional para determinação do Nitrogênio total e consequentemente dos estoques de carbono e nitrogênio do solo.

Para essas determinações foram utilizadas alíquotas de cada amostra de solo (TFSA), maceradas em almofariz e passadas em peneira com malha 0,149 mm (100 mesh). Aproximadamente 50 mg das amostras foram transferidas para cápsulas de estanho e prensadas para expulsar o ar contido entre as partículas e minimizar o contato das amostras com o ar atmosférico e evitar contaminação com oxigênio externo.

Depois de preparada, cada amostra foi colocada no equipamento para completa combustão do nitrogênio a temperatura elevada (aproximadamente 1000 °C), utilizando uma fonte de oxigênio puro. Em temperatura elevada, o nitrogênio das substâncias orgânicas e inorgânicas das amostras é transformado para a forma gasosa.

Depois de um processo de oxirredução, o nitrogênio é separado dos outros elementos em uma coluna cromatográfica de cobre e finalmente é mensurado por detector de condutividade térmica. Os resultados foram obtidos em porcentagem posteriormente convertidos em mg kg<sup>-1</sup>.

### 3.6.3 Determinação do Nitrogênio Orgânico

O Nitrogênio orgânico foi estimado através da expressão:

$$N \text{ orgânico (mg g}^{-1}\text{)} = NH_4^+ - NO_3^-$$

### 3.6.4 Determinação do Estoque de Nitrogênio do Solo

Os estoques de nitrogênio (NT), expresso em Mg ha<sup>-1</sup>, do solo foram calculados em massa equivalente do solo, como descrito por (Ellert et al. 2001). Com base nas concentrações dos elementos procedeu-se a determinação do estoque de nitrogênio nas diferentes profundidades estudadas. Os estoques de NT foi determinado pela expressão:

$$\text{Teor de N (g kg}^{-1}\text{)} \times \text{DS} \times e$$

Em que a DS é densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ); e e = espessura da camada de solo (cm).

### 3.6.5 Determinação do Amônio e Nitrato

A obtenção do amônio e nitrato trocáveis foi feita baseada na destilação por arraste de vapores. Onde, cria-se inicialmente um meio alcalino forte (pela adição de MgO), onde o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) é transformado a nitrato ( $\text{NH}_3$ ), e esta última coletada como borato de amônio numa solução ácido indicadora após ser condensada.

Para o caso do  $\text{NO}_3^-$ , é criado um ambiente redutor (Liga de Devarda), obtendo-se  $\text{NH}_3$ , mesma que será coletada como borato de amônio na solução ácido indicadora, segundo a metodologia de Bremner & Keeney (1965). Os teores de amônio e nitrato foram determinados pela equação:

$$\text{NH}_4^+ \text{ ou } \text{NO}_3^- (\text{mg kg}^{-1}) = A \times B \times C \times D$$

Em que, A = Volume de HCl  $0,07143 \text{ mol L}^{-1}$  gasto na titulação da amostra. B = 3,333; esse fator tem sua origem na divisão de 100 (quantidade de KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  usada na extração) por 30 (alíquota em ml usada na determinação de amônio e nitrato). C = 100; esse fator tem sua origem na relação entre as 1.000 g de solo usadas na unidade e as 10 g de solo usadas na extração. D = 1; o uso desse fator se deve ao fato de que cada 1 ml de HCl  $0,07143 \text{ mol L}^{-1}$  gasto na titulação equivale à presença de 1 mg de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ .

### 3.6.6 Determinação do Nitrogênio da matéria orgânica particulada

O teor de nitrogênio na fração particulada de matéria orgânica ( $\text{N}_{\text{MOP}}$ ) foi determinado pelo método semi-micro-Kjeldahl Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), sendo posteriormente calculado considerando a massa de cada fração, representada por partículas >  $53 \mu\text{m}$  (mg g).

### 3.6.7 Determinação do Nitrogênio associado as minerais

O nitrogênio associado aos minerais do solo ( $\text{N}_{\text{AM}}$ ) foram calculados pela diferença dos valores totais com valores obtidos de amostras de matéria orgânica particulada, respectivamente Cambardella; Elliott (1992).

### 3.7 Análise estatística

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar se os dados de nitrogênio total, estoque de nitrogênio, nitrogênio orgânico, nitrogênio associado a matéria orgânica particulada livre, nitrogênio associado aos minerais e as frações de N no solo seguiam uma distribuição normal.

Todos os dados foram transformados em raiz quadrada previamente as análises estatísticas e apresentados nas figuras e tabelas na sua escala normal. Para avaliar as diferenças existentes entre os compartimentos de nitrogênio nos solos dos biomas Caatinga e Cerrado foi empregado o teste *t* pareado.

Já para investigar as diferenças existentes entre as formas de N no solo na camada arável (0,0-10,0 cm e 10,1-20,0 cm) entre os Biomas e os manejos (e.g., pastagem, agricultura e o vegetação nativa) foi empregada uma ANOVA three-way. Em cada Bioma, separadamente foi realizada uma ANOVA two-way para investigar a distribuição vertical de N em diferentes profundidades dentro de cada manejo adotado. Os resultados foram apresentados em *box-plot* e gráficos de dispersão para melhor visualização da distribuição dos dados.

Considerando a variabilidade existente entre os compartimentos de N no solo dos biomas, manejos e profundidades estudadas foi empregado a análise de componentes principais. Para a realização do teste *t*, da ANOVA (two- e three-way), dos box-plots e análise de componentes principais foram usados os pacotes “stats”, “ggplot2” e “vegan” do software livre R studio.



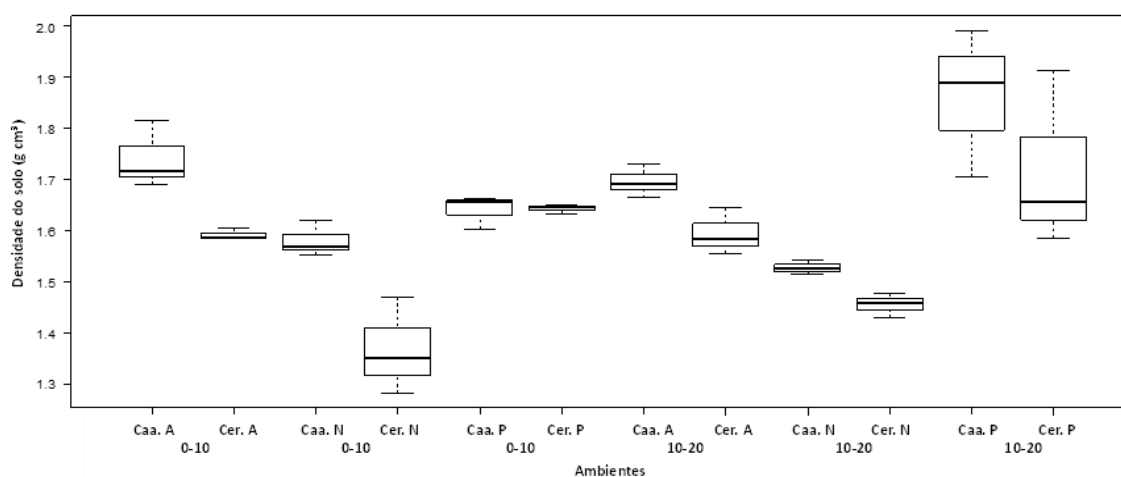
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Densidade do solo

As análises de DS deste estudo mostraram grande dispersão dos dados em relação à média e sua distribuição (simétrica e assimétrica), evidenciando a tendência de concentração, além disso, constatou-se também, a presença de dados “outliers” ou discrepantes. O desdobramento da interação Bioma x Manejo x Profundidade está apresentado na Figura 5.

Os resultados mostram que entre os biomas, a maior DS foi encontrada na Caatinga, independentemente do sistema de manejo ou da profundidade avaliada, onde, o conjunto de dados observados variaram entre 1,53 e 1,86 g cm<sup>-3</sup>; já no Cerrado, a variação dos resultados obtidos foi de 1,37 a 1,72 g cm<sup>-3</sup> (Figura 5).

Entre os sistemas de manejos, para os dois biomas avaliados, as menores DS foram encontradas nos sistemas de vegetação nativa (VN), em todas as camadas estudadas. No bioma Caatinga, as maiores DS foram observadas nos sistemas agropecuários (Pastagem e Agricultura), apresentando valores semelhantes, contudo, o valor mais elevado (1,86±0,14 g cm<sup>-3</sup>) de DS foi encontrado na camada 10-20 cm do sistema de pastagem. No Cerrado, as maiores DS foram constatadas no sistema de pastagem, o qual apresentou o maior valor (1,72±0,17 g cm<sup>-3</sup>) na camada 10-20 cm, próximo ao valor observado na Caatinga (Figura 5).



**Figura 5** - Densidade do solo referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.

O comportamento observado entre os biomas, provavelmente está relacionado à maior estabilidade de agregados e ao aporte de MO, proporcionados pelo uso e manejo do solo utilizados no bioma Caatinga, o qual favorece a compactação das camadas do solo (Fracetto et al., 2012), e consequentemente, aumenta a DS, diferentemente do que ocorre no Cerrado. Entre os sistemas de manejos, as maiores DS observadas nas áreas agropecuárias podem ser atribuídas à desestabilização da estrutura do solo causadas pelo uso e manejo utilizado (Maia et al., 2007).

Na área de agricultura, o aumento da DS provavelmente está relacionado ao preparo convencional do solo, além disso, o menor aporte de resíduos orgânicos ao solo, quando comparado à VN, possivelmente também contribuiu para esse efeito (Loss et al., 2014).

Os resultados deste estudo corroboram com Fracetto et al. (2012). Esses autores avaliaram o cultivo de mamona durante 10, 20 e 50 anos na Caatinga, e constataram aumentos na DS nesses sistemas. Por outro lado, Maia et al. (2007), não observaram diferenças significativas entre as DS da VN e sistemas agroflorestais cultivados na Caatinga. Esses autores ainda ressaltam que, apenas a DS não é um bom indicador da qualidade física do solo.

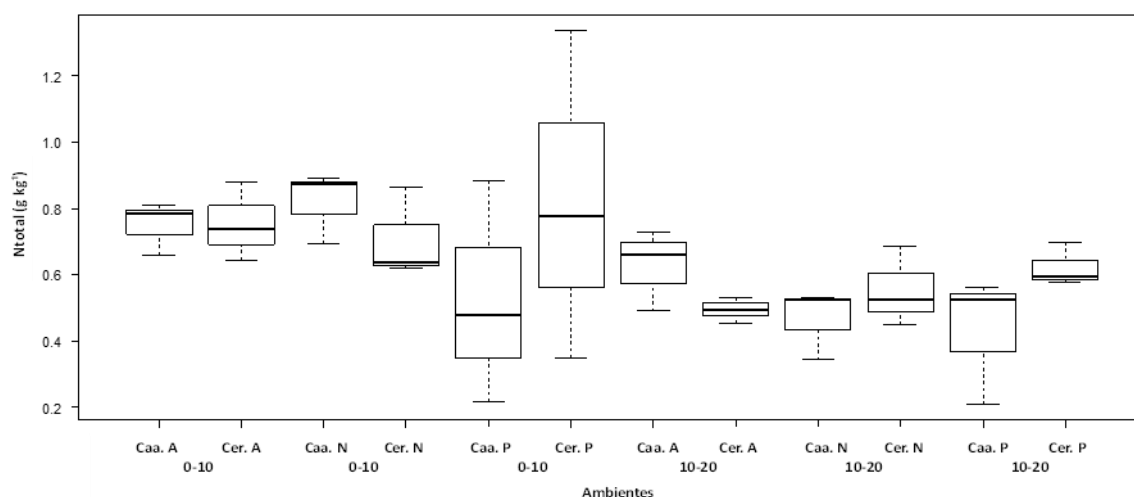
No sistema de pastagem, os altos valores de DS ocorreram devido ao pastoreio, o qual, certamente resultou na maior compactação do solo. Estes resultados estão convergentes com vários outros estudos (Numata et al., 2007; Maia et al., 2015; Oliveira et al., 2015), que comprovaram o efeito negativo do pastejo animal sobre a DS, com tendência de compactar o solo, independentemente do bioma avaliado. As camadas do solo compactadas reduzem a formação de macroporos e diminuem a atividade biológica no solo, resultando no aumento da DS, e consequentemente, promove a resistência física ao desenvolvimento do sistema radicular, além de limitar a permeabilidade e a disponibilização de nutrientes e água para as plantas (Carneiro et al., 2009; Rossetti et al., 2014).

A maior DS do solo, e consequentemente menor porosidade total pode proporcionar menor taxa de difusão de gases em subsuperfície. Isto vem a causar menor taxa de decomposição aeróbica da MOS, o que contribui benéficamente para a imobilização e retenção de C e N no solo contribuído para o estoque dos mesmos. Keiluweit et al. (2017) observaram que com aumento da profundidade, a taxa de oxidação do C orgânico decresce devido ao déficit de O<sub>2</sub>, ao ponto, que a metanogênese e a desnitrificação não são afetadas significativamente. Esses resultados corroboram com os obtidos nesse trabalho, porém vale salientar que nessas condições, o NO<sup>3-</sup> quando não perdido por lixiviação no perfil, pode ser perdido por desnitrificação, mesmo que pouco significativo em curto prazo.

## 4.2 Nitrogênio total

Os resultados dos teores de  $N_{total}$  apresentaram valores médios semelhantes entre os solos dos biomas estudados, sendo valores médios de 0,60 e 0,66  $g\ kg^{-1}$  para a Caatinga e Cerrado, respectivamente (Figura 6). Constataram-se decréscimos nos teores de  $N_{total}$  entre as profundidades em todos os sistemas, apresentando interação Bioma x Manejo x Profundidade significativa ( $p < 0,01$ ). Na camada 0-10 cm, os teores de  $N_{total}$  na Caatinga decresceram na ordem VN>agricultura>pastagem, no Cerrado, os decréscimos foram da seguinte forma pastagem>agricultura>VN. Na camada 10-20 cm, houve alterações dos comportamentos nos dois biomas, na Caatinga a ordem de perdas passou a ser agricultura>VN>pastagem, e no Cerrado foi pastagem>VN>agricultura (Figura 6).

Em relação às mudanças no  $N_{total}$  entre os sistemas de manejos dos biomas avaliados, observou-se que na camada 0-10 cm da Caatinga, houve perdas de 8,5 e 35,4% nos sistemas de agricultura e pastagem, respectivamente, em relação ao  $N_{total}$  encontrado na VN. Já no Cerrado, houve ganhos de 5,3 e 13,4% para a agricultura e pastagem, respectivamente, em relação a VN. Na camada 10-20 cm, para a Caatinga ocorreu ganhos de 24,4% na agricultura e perdas de 8,5% na pastagem. No Cerrado ocorreram perdas de  $N_{total}$  apenas para agricultura (11,29%), na pastagem foi observado aumento de 11,29% (Figura 6).



**Figura 6** - Nitrogênio total ( $N_{total}$ ), referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10 – 20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.

Os diferentes sistemas de manejos afetam os teores de  $N_{total}$  do solo devido às mudanças que ocorrem no aporte de resíduos orgânico e pelas alterações na taxa de

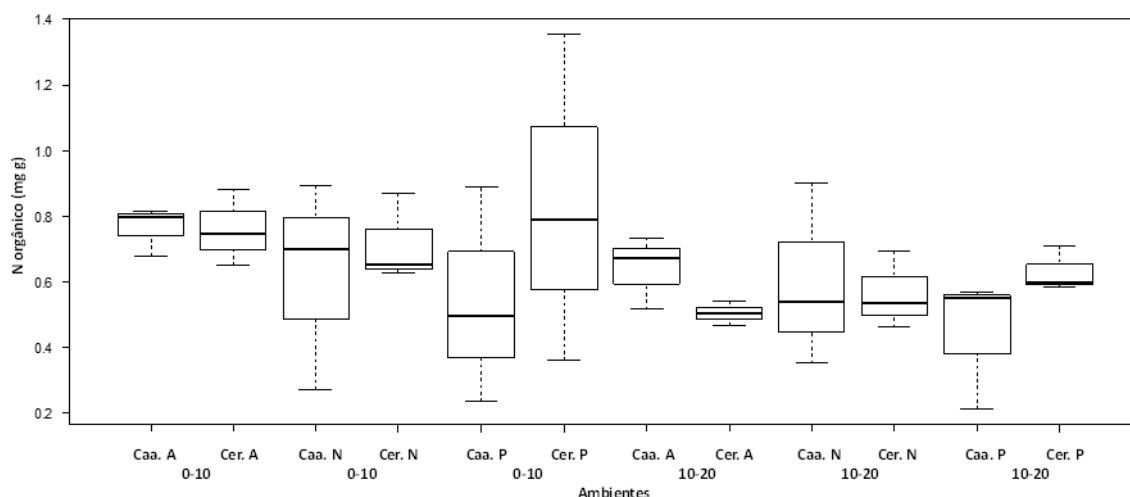
decomposição da matéria orgânica do solo (Rodrigues et al., 2013). Quanto às concentrações mais elevadas de  $N_{total}$  na camada superficial do solo, observadas nos sistemas de manejos dos dois biomas avaliados nesse estudo, estão relacionados ao aporte de resíduos orgânicos pela parte aérea das plantas na agricultura e vegetação nativa e pelo sistema radicular das gramíneas nos sistemas de pastagem (Pegoraro et al., 2011; Pillon et al., 2012)

Os resultados de  $N_{total}$  para a Caatinga na camada 0-10 cm é típico de situação sob vegetação nativa, onde a decomposição dos resíduos orgânicos na superfície do solo ocorre de forma lenta e gradual (Fracetto et al., 2012). Porém, essa situação não foi regra para a camada 10-20 cm, visto que o sistema de agricultura apresentou maior teor de  $N_{total}$ . Esse comportamento certamente está relacionado ao tipo de resíduo vegetal incorporado ao solo, sendo que, no sistema de agricultura comumente ocorre o cultivo de leguminosa, plantas fixadoras biológicas de N (Rodrigues et al., 2015). Estes resultados estão condizentes com as perdas de 42,4% em uma área agrícola cultivada convencionalmente em um Luvisolo no semiárido do Ceará (Maia et al., 2007). Por outro lado, os resultados observados no Cerrado, divergem de Pillon et al. (2012), que em seus estudos constataram reduções no  $N_{total}$  do sistema de pastagem em relação ao da VN.

Os maiores valores de  $N_{total}$  observados no sistema de pastagem do Cerrado, podem estar relacionados com a decomposição mais lenta dos resíduos produzidos pela pastagem, já a relação C:N desse resíduos é alta, o que favorecendo, portanto, o acúmulo de MO na superfície do solo e com isso um maior teor de N. Corroborando com os resultados de Corazza et al. (1999) em um sistema de pastagem no Cerrado.

### 4.3 Nitrogênio orgânico

Os valores médios de  $N_{orgânico}$  nos sistemas de manejos da Caatinga foram 0,60 mg g<sup>-1</sup> e no Cerrado 0,67 mg g<sup>-1</sup>. Na (Figura 7) encontra-se a interação ( $p < 0,01$ ) entre Bioma x Manejo x Profundidade. Os comportamentos do  $N_{orgânico}$  foram semelhantes aos teores de  $N_{total}$  (Figura 6). Quando os diferentes sistemas de manejos foram comparados, o sistema que apresentou os maiores teores médios de  $N_{orgânico}$  na Caatinga foi o de agricultura (0,70 mg g<sup>-1</sup>) seguido pela VN (0,61 mg g<sup>-1</sup>) e pastagem (0,49 mg g<sup>-1</sup>), independentemente da camada do solo. No Cerrado, os maiores teores de  $N_{orgânico}$  foi encontrado no sistema de pastagem (0,73 mg g<sup>-1</sup>), seguido pela VN (0,64 mg g<sup>-1</sup>) e agricultura (0,63 mg g<sup>-1</sup>).



**Figura 7** - Norgânico, referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.

Os maiores valores de  $N_{\text{orgânico}}$  na camada superficial do solo, está relacionado ao maior aporte de material orgânico no solo dessa camada, aos diferentes estágios de decomposição dos resíduos, oriundos de diferentes espécies vegetais (Pillon et al., 2012), tanto no bioma Caatinga quanto no Cerrado.

Os teores de  $N_{\text{orgânico}}$  no solo varia muito de acordo com as formas de manejo, como pode-se observar nos resultados do presente estudo, no bioma Caatinga agricultura, foi onde se encontrou maiores teores de  $N_{\text{orgânico}}$ , isso pode estar relacionado ao manejo adotado nessa área que dispõe de um sistema conservacionista como a utilização de plantio direto e não revolvimento do solo, o que favorece um alto aporte de material vegetal fresco o qual contem carbono orgânico disponível que serve como fonte de energia aos microrganismos solo, proporcionando assim uma maior ciclagem do N e consequentemente sua maior permanência no solo.

Já pra o bioma Cerrado os maiores teores de  $N_{\text{orgânico}}$  foram encontrado na pastagem, isso de estar relacionado a alta recalcitrância e baixa taxa da decomposição dos resíduos advindos das pastagem, ocasionando assim uma maior permanência do N no solo.

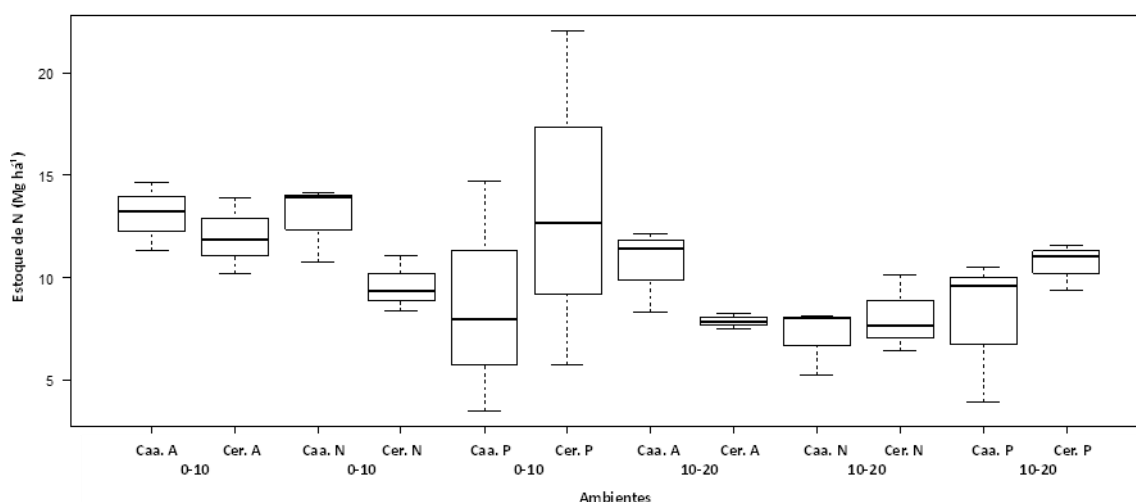
Os resultados obtidos nesse estudo para  $N_{\text{orgânico}}$  são convergentes com vários outros (Maia et al., 2007; Pegoraro et al., 2011; Fracetto et al., 2012; Rodrigues et al., 2013) que demonstraram reduções do  $N_{\text{orgânico}}$  com o aumento da profundidade do solo.

#### 4.4 Estoque de nitrogênio

Conforme os resultados dos estoques de nitrogênio (Figura 8) constatou-se que os estoques seguiram o mesmo comportamento dos teores de  $N_{\text{total}}$ , ou seja, os valores

decreceram com o aumento da profundidade do solo, onde os resultados expressaram interação significativa ( $p < 0,01$ ) para Bioma x Manejo x Profundidade. Considerando a camada total do solo (0-20 cm) de cada bioma, observou-se maior valor ( $61,71 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) no Cerrado, no entanto, a diferença foi de apenas 1,8% em relação ao estoque da Caatinga ( $60,57 \text{ Mg ha}^{-1}$ ).

Entre os sistemas de manejos, na camada 0-10 cm da Caatinga, os estoques de nitrogênio apresentaram perdas de  $4,23 \text{ Mg ha}^{-1}$  (32,6%) e ganhos de  $0,13 \text{ Mg ha}^{-1}$  (1%), nos sistemas de pastagem e agricultura, respectivamente, em relação a VN. Na camada 10-20 cm, os sistemas de manejos apresentaram ganhos em comparação a VN, esses ganhos foram de  $0,87 \text{ Mg ha}^{-1}$  (10,9%) e  $3,49 \text{ Mg ha}^{-1}$  (32,8%) nos sistemas de pastagem e agricultura, respectivamente. Na camada 0-10 cm do Cerrado, foram observados ganhos de  $3,90 \text{ Mg ha}^{-1}$  (28,9%) e  $2,40 \text{ Mg ha}^{-1}$  (20%) nos sistemas de pastagem e agricultura, respectivamente, quando comparados a VN. Na camada 10-20 cm, no sistema de pastagem foi observado aumento no estoque de nitrogênio de  $2,60 \text{ Mg ha}^{-1}$  (24,37%) e perda de  $0,20 \text{ Mg ha}^{-1}$  (2,48%) no sistema de agricultura.



**Figura 8** - Estoque de Nitrogênio, referentes aos biomas e diferentes manejos. Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10 – 20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico.

Os resultados de ganhos nos sistemas de manejos da Caatinga estão relacionados com o tipo de resíduo vegetal depositado no solo (Xavier et al., 2006). A Caatinga dispõe de uma vegetação que possui resíduos pobres em N, isso ocorre devido à as altas temperaturas do ambiente e a baixa umidade do solo, que ocasiona pouca atividade microbiana na camada

superficial (Fracetto et al., 2012), consequentemente menor disponibilização desse nutriente no solo para as plantas.

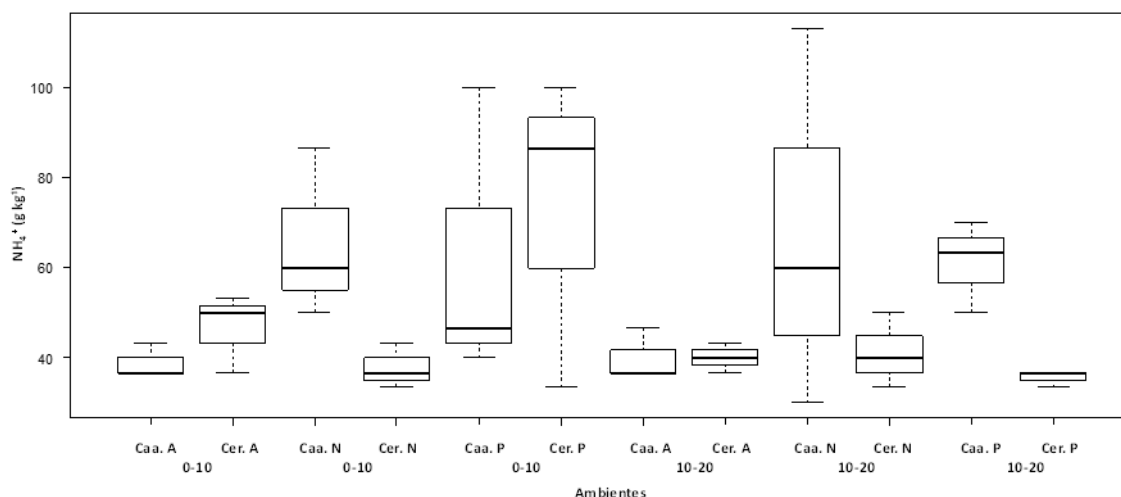
Já, no sistema agrícola, teve-se a implantação de culturas de leguminosas (soja e feijão), que como bem sabemos são responsáveis pela fixação biológica de N, proporcionando assim um aumento nos teores de N no solo e consequentemente um aumento no seu estoque. Os resultados dos estoques de nitrogênio deste estudo divergem de Maia et al. (2007), quando encontraram redução de 44% no estoque de nitrogênio de um sistema agrícola convencional em relação a vegetação nativa em uma área Caatinga do Ceará.

Para o Cerrado, os resultados de ganhos tanto na pastagem quanto no sistema agrícola, possivelmente ocorreram devido os manejos nesses sistemas potencializarem maior aporte de resíduos orgânicos ricos em nitrogênio, não só isso mais pode estar relacionado também ao plantio de soja que é umas das culturas responsável pela fixação biológica de N (Loss et al., 2013). Esses resultados estão condizentes aos encontrados por Loss et al. (2013) no Cerrado.

Outro fator que pode ter contribuído com o aumento do estoque de N em ambos os biomas e manejos agrícolas pode ter sido o não revolvimento do solo mantendo-se assim suas estruturas, o que ocasiona uma proteção física da MOS, proteção essa fornecida por pequenos poros no solo, os quais podem tornar os compostos orgânicos inacessíveis aos microrganismos e consequentemente proporciona uma maior proteção do N que faz porte desses compostos, favorecendo assim, sua permanência no solo por muito mais tempo.

#### **4.5 Amônio do solo ( $\text{NH}_4^+$ )**

A variável amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) apresentou interação significativa ( $p > 0,01$ ) entre Bioma x Manejo x Profundidade (Figura 9). Foram observados decréscimos nos teores de  $\text{NH}_4^+$  entre os biomas e os sistemas de manejos com o aumento da profundidade, exceto a VN da Caatinga. Entre os biomas, os maiores valores foram encontrados na Caatinga, onde os resultados de  $\text{NH}_4^+$  foram 26,26% superior ao encontrado nos solos do Cerrado. Na Caatinga, os maiores teores de  $\text{NH}_4^+$  foram observados no solo da VN, seguida pelo sistema de pastagem; já os menores valores ocorreram no sistema de agricultura. No Cerrado, foi observado comportamento distinto ao da Caatinga, ou seja, os maiores teores de  $\text{NH}_4^+$  foram observados no sistema de pastagem, seguido pela VN, e os menores valores no sistema de agricultura, fato esse também observado na Caatinga.



**Figura 9** - Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico.

Os altos valores de  $\text{NH}_4^+$  na camada superficial do solo e decrescendo com o aumento da profundidade, já era esperada, visto que esse comportamento já tinha sido observado nas demais variáveis. Esse efeito mais pronunciado na superfície do solo, independentemente do bioma ou sistema avaliado, se deve a maior deposição de resíduos orgânicos nessa camada, seja pelas partes das árvores da vegetação nativa ou das culturas agrícolas e pastagem (Maia et al., 2007; D'Andrea et al., 2004).

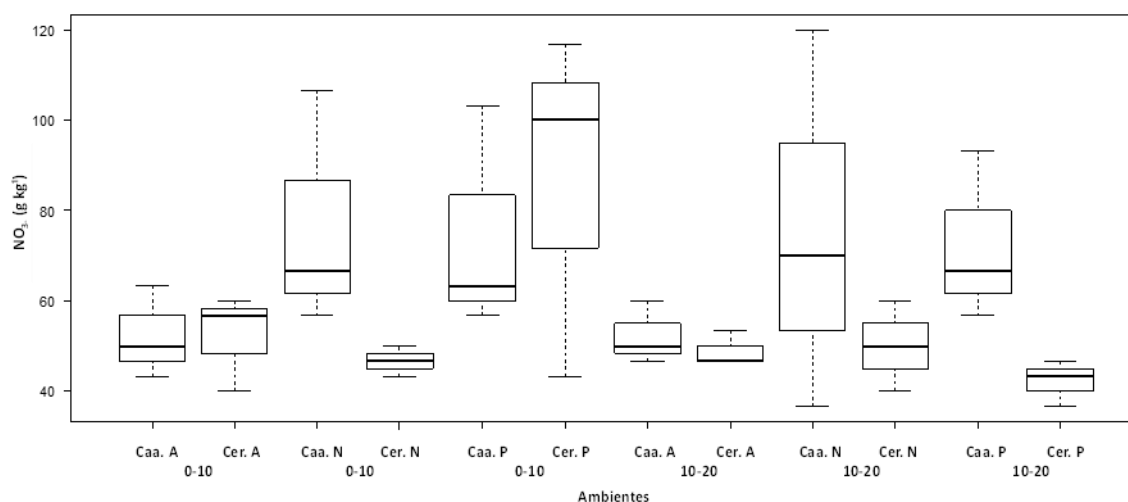
Os valores de  $\text{NH}_4^+$  encontrados nos dois biomas deste estudo foram considerados altos quando comparados aos obtidos por Poletto et al. (2008). Esses autores observaram valores médios de  $\text{NH}_4^+$  de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ , em áreas cultivadas com cevada e soja.

#### 4.6 Nitrato do solo ( $\text{NO}_3^-$ )

Com relação aos teores de nitrato no solo ( $\text{NO}_3^-$ ), houve interação significativa ( $p > 0,01$ ) para Bioma x Manejo x Profundidade (Figura 10), ao observar os resultados entre os biomas (Caatinga e Cerrado), constatou-se que os maiores valores de  $\text{NO}_3^-$  estão nos solos da Caatinga, semelhante ao comportamento encontrado para  $\text{NH}_4^+$ .

Para os sistemas de manejos, os maiores valores foram encontrados na VN seguido pela pastagem, já os menores valores observados no sistema de agricultura, independentemente da camada do solo avaliada. No Cerrado, esse efeito foi menos pronunciado na VN, visto que, o sistema de pastagem e agricultura apresentaram maiores teores de  $\text{NO}_3^-$  na camada 0-10 cm. No entanto, na camada 10-20 cm, os valores de  $\text{NO}_3^-$  na VN foram superiores aos demais sistemas de manejos avaliados.





**Figura 10** - Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) referentes aos biomas e diferentes manejos Caatinga Agricultura (Caa.A), Caatinga Nativo (Caa.N) e Caatinga Pastagem (Caa.P), Cerrado Agricultura (Cer.A), Cerrado Nativo (Cer.N) e Cerrado Pastagem (Cer.P), profundidades: (0-10 e 10-20 cm), analisado em um Latossolo Amarelo distrófico.

O  $\text{NO}_3^-$  é a forma estável do nitrogênio em solos sob condições de oxidação, onde, o uso intensivo do solo, por meio do revolvimento durante o preparo para implantação de culturas agrícolas ou pastagens, ao longo do tempo, pode reduzir a qualidade e a quantidade da matéria orgânica do solo, principal fonte do  $\text{NO}_3^-$  ao solo (Melo et al., 2016).

Esse efeito ficou evidenciado com a redução dos teores de  $\text{NO}_3^-$  com o aumento da profundidade, certamente devido à redução da matéria orgânica nos solos dos biomas avaliados, seja pelo menor aporte de resíduos vegetais ou pelo aumento na taxa de decomposição da matéria orgânica nesses solos (Fracetto et al., 2012). Esses resultados corroboram com outros estudos realizados tanto na Caatinga quanto no Cerrado (D'Andrea et al., 2004; Maia et al., 2007; Loss et al., 2013).

#### 4.7 Distribuição vertical do nitrogênio no Bioma Caatinga

O sistema agricultura foi o que apresentou maiores teores de  $\text{N}_{\text{total}}$  (Figura 11A), Est. de N (Figura 11B) e  $\text{N}_{\text{AM}}$  (Figura 11D) dentre os sistemas de manejo em todas as profundidade. Em relação à distribuição vertical do nitrogênio e as diferentes formas desse elemento no solo, foi observado que no bioma Caatinga os valores das variáveis  $\text{N}_{\text{total}}$  variaram de 0,75 a 0,35  $\text{g kg}^{-1}$  (Figura 11A), Est. de N variaram de 13,08 a 5,96  $\text{Mg ha}^{-1}$  (Figura 11B) e  $\text{N}_{\text{AM}}$  variaram de 0,74 a 0,34  $\text{mg g}^{-1}$  (Figura 11D), decrescendo ao longo do perfil do solo.

Entre os sistemas de manejos, na VN foram encontrados as maiores concentrações de  $N_{total}$  e  $N_{AM}$  nas profundidades 0-10 e 20-30 cm. Esses resultados estão atrelado ao aporte contínuo de resíduos vegetais promovidos pela vegetação nativa na superfície do solo, o qual promove uma lenta decomposição, garantindo assim a incorporação constante da MOS (Fracetto et al. 2012). Entretanto, avaliando as camadas do solo mais profundas, observou-se que os maiores valores foram encontrados no sistema de agricultura.

Os maiores resultados de Esto. de N (Figura 12B) foram encontrados no sistema de agricultura, independentemente da camada de solo. Os valores de estoque de N, assim como dos teores de N têm alta correlação com os teores de C orgânico no solo, visto que ambos são constituintes da MOS (Dube et al., 2012).

Esses resultados podem estar ligados as cultura implantadas nesse sistema, como por exemplo leguminosas (soja e feijão), as quais são responsáveis em fixar N no solo, não só isso mas também podem ser ligados as formas de manejos, como por exemplo, o não revolvimento do solo, o que favorece a permanência do N no solo por mais tempo.

O sistema agricultura apresentou maiores teores de N em relação à VN e à pastagem, o que pode ser explicado pelo fornecimento de MO rica em N, à exemplo de resíduos de leguminosas, o inverso ocorre na VN já que a caatinga apresenta um aporte de resíduo pobre em N, e a atividade microbiana na superfície do solo é menor ocasionada pela baixa umidade e altas temperaturas (Xavier et al., 2006). Em pesquisas realizadas por Lovato et al. (2004) e Silva et al. (2011) os quais analisaram a introdução de leguminosas em sistemas de rotação de culturas, confirmam que o cultivo de leguminosas contribui para a adição de N ao solo.

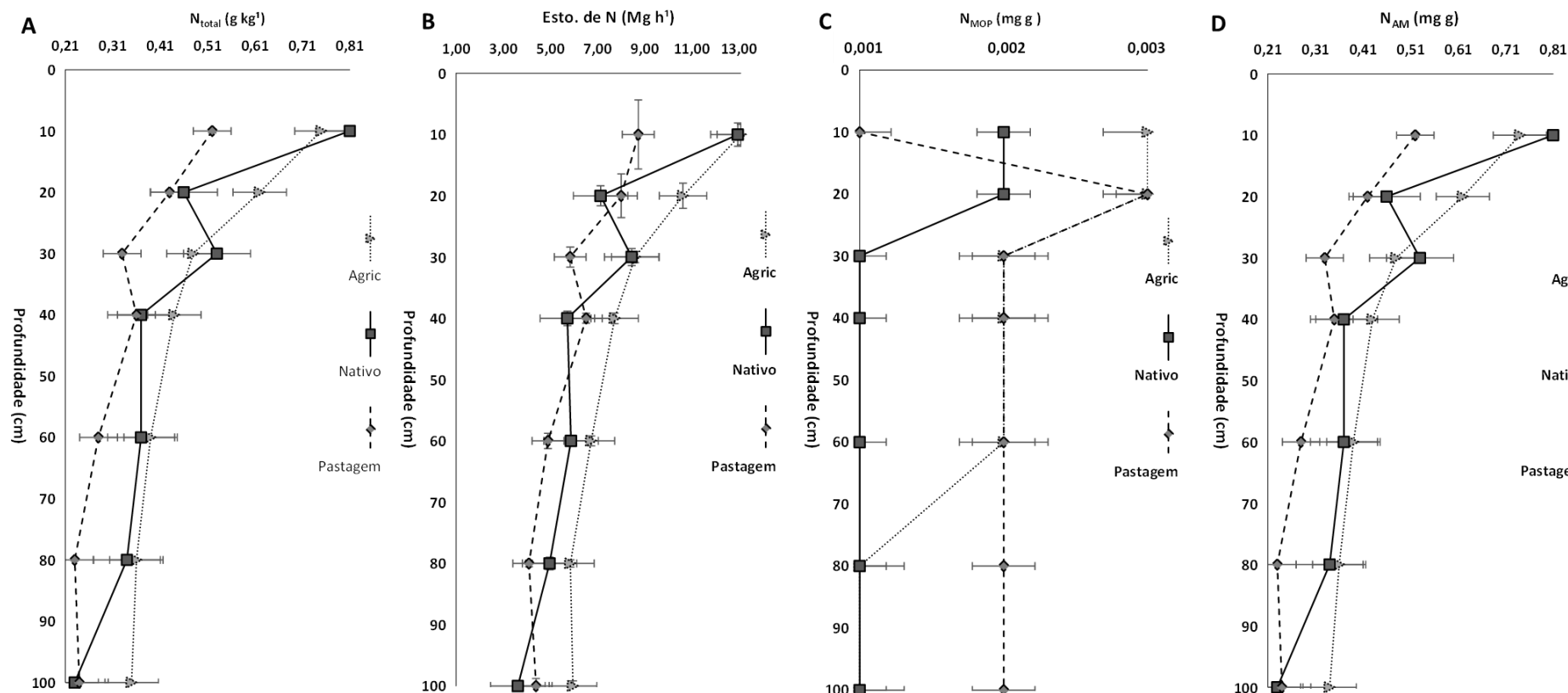
Com relação a distribuição vertical, o aumento do teor e Esto.de N em profundidade pode estar relacionado ao sistema radicular das plantas, que ao se decomporem liberam o N presente nos tecidos, valendo salientar que o N total é praticamente N orgânico e  $N_{AM}$  nessa profundidade. O fato que o  $N_{AM}$  seja majoritário pode confirmar a hipótese de que essa MO presente em profundidade seja oriunda das raízes, ou seja MO recente, e com semelhança ao material original.

O aumento dos teores e Esto.de N em profundidade no solo, pode ter ocorrido também devido ao processo de lixiviação, já que o N apresenta grande mobilidade no solo e baixa interação química com os minerais do solo, principalmente no solo do presente estudo que apresenta altos teores de areia.

Ao analisar a variável  $N_{MOP}$  (Figura 11C) constatou-se que os sistemas VN e agricultura apresentaram as maiores concentrações nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Já no sistema de pastagem foi encontrado a maior concentração na profundidade 10-20 cm,

e decrescendo na profundidade 20-30 cm, além disso, foi constatado que em todos os sistemas as concentrações de  $N_{MOP}$  se mantiveram constantes a partir dos 30 cm de profundidade nos diferentes sistemas, exceto para a camada 60-80 cm do sistema de agricultura, na qual voltou a diminuir.

Essa MOP é representada principalmente por fragmentos da MOS, que devido a sua baixa área superficial específica não tem comportamento coloidal com as partículas de solo, como argila e silte. Os valores mais altos de  $N_{MOP}$  na camada superficial tem sua origem a partir dos resíduos das culturas e da vegetação nativa, já que a MOP está diretamente relacionada ao material vegetal recentemente adicionado ao solo (Rossi et al. 2012)



**Figura 11** - Distribuição vertical referentes as variáveis Nitrogênio total ( $N_{total}$ ) (A), Estoque de Nitrogênio (Est. de N) (B), Nitrogênio da Matéria Orgânica Particulada ( $N_{MOP}$ ) (C) e Nitrogênio Associado aos Minerais ( $N_{AM}$ ) (D), no bioma Caatinga em diferentes profundidades: (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.

#### 4.8. Distribuição vertical do nitrogênio no Bioma Cerrado

Analizando a distribuição vertical do nitrogênio no solo do bioma Cerrado, consta-se que a variável  $N_{total}$  (Figura 12A) na profundidade superficial (0-10 cm), os maiores teores foram encontrados no sistema de pastagem (0,82 g kg<sup>-1</sup>), seguido pela agricultura (0,75 g kg<sup>-1</sup>).

Vale ressaltar que houve decréscimos nos teores de  $N_{total}$  em todos os sistemas avaliados com o aumento da profundidade. Esses resultados podem estar relacionados às fontes de adubação usadas nos sistemas de agricultura e pastagem, contribuírem para um maior desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente uma maior produção de biomassa de baixa relação C:N no sistema agricultura, e no caso da pastagem, uma biomassa de relação C:N maior, ou seja menos lábil, o que confere maior tempo de residência do resíduo no solo.

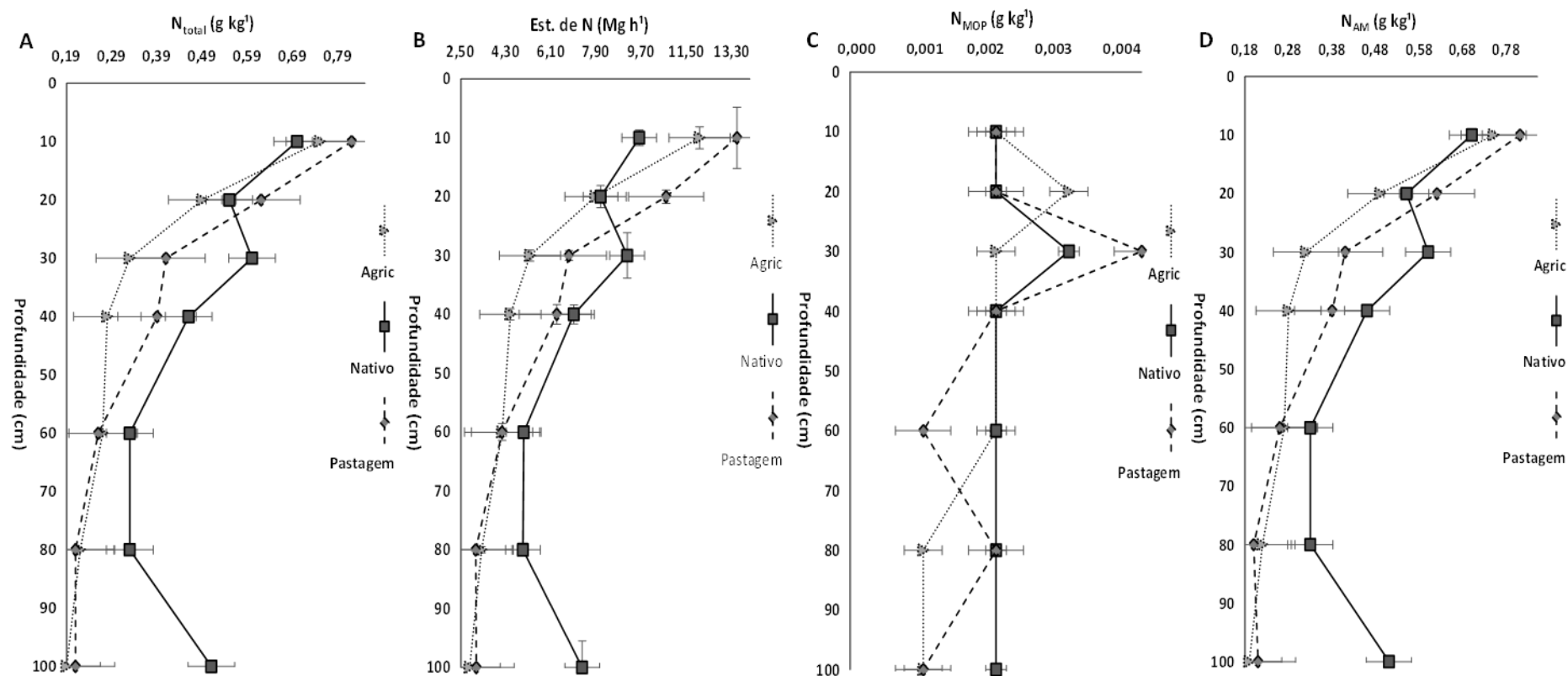
Esses resultados são semelhantes aos relatados por Loss et al. (2012) ao realizar estudos no Bioma Cerrado, sob sistemas de plantio direto e integração lavoura pecuária também encontrou maiores teores de  $N_{total}$  na profundidade de 0-10 cm.

Quanto a variável Est. de N (Figura 12B), o sistema que apresentou maiores valores foi à pastagem 13,49 e 10,67 Mg h<sup>-1</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, esses resultados podem ser atribuídos ao uso da pastagem, a qual dispõe de degradação mais lenta dos resíduos da cultura, favorecendo, portanto, o acúmulo de carbono devido a sua maior relação C:N, além do efeito sob a superfície.

Quanto às camadas mais profundas do solo (20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) o sistema que apresentou maior Est. de N foi no sistema da VN onde os valores variaram de 9,12 a 7,33 Mg h<sup>-1</sup>, isso pode estar atrelado a lenta decomposição das raízes oriundas da vegetação, que devido a menor porosidade do solo em subsuperfície, a difusão de oxigênio é reduzida. O nitrogênio que se encontra intra-agregados é fisicamente protegido, pois são altamente estáveis na água devido aos óxidos de ferro e alumínio (Bayer et al., 2000) que formam complexos organominerais com hidrofobicidade.

O  $N_{MOP}$  (Figura 12C) nos sistemas de manejos agricultura e pastagem ocorreu nas maiores concentrações nas camadas superficiais, e quando comparado os sistemas de manejo, os maiores valores foram observados nos sistemas de pastagem. Os teores de  $N_{MOP}$  decresceram com o aumento das profundidades, tornando-se constantes a partir dos 40 cm de profundidade. Esses comportamentos também foram observados na variável

$N_{AM}$  (Figura 12D) e esses resultados podem ser relacionados às concentrações mais elevadas de nitrogênio na camada superficial do solo, as quais ocorrem devido a quantidade de resíduos orgânicos aportados ao solo pelas plantas e pelo sistema radicular das gramíneas (Pegoraro et al., 2011; Loss et al., 2013) e as diferentes taxas de decomposição dos resíduos (Pillon et al., 2012).



**Figura 12** - Distribuição vertical referente às variáveis Nitrogênio total ( $N_{total}$ ) (A), Estoque de Nitrogênio (Est. de N) (B), Nitrogênio da Matéria Orgânica Particulada ( $N_{MOP}$ ) (C) e Nitrogênio Associado aos Minerais ( $N_{AM}$ ) (D), no bioma Cerrado em diferentes profundidades: (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100), analisado em um Latossolo Amarelo Distrófico.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A conversão de vegetação nativa para agricultura ou pastagem no bioma Caatinga acarreta em maiores densidade do solo, e menores concentrações de amônio e nitrato na camada arável do solo.

A conversão do uso do solo para sistema de agricultura promove aumentos do nitrogênio orgânico e estoque de nitrogênio no bioma Caatinga;

A conversão de vegetação nativa para pastagem ou agricultura no bioma Cerrado promove aumentos nos valores de todas as variáveis estudadas na camada arável, principalmente na pastagem;

Independentemente do bioma avaliado, foi observado que os valores das diferentes formas de nitrogênio no solo desses biomas, decresceram com o aumento da profundidade em todos os sistemas de manejos;

A conversão de um sistema natural para uso agrícola é algo que pode ou não causa impactos nos teores de nitrogênio no solo, como foi apresentado nesse estudo, a substituição da vegetação nativa nos biomas Caatinga e Cerrado para o uso agrícola (agricultura e pastagem) condicionaram maiores teores de nitrogênio ao solo quando comparados aos encontrados na vegetação nativa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. v. 23, n. 3 p. 679-686. 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-23.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.24, p. 599-607, 2000.

BELCHIOR, E.B.; ALCANTARA, PHR; BARBOSA, C.F. Perspectivas e desafios para a região do Matopiba. *Fronteira Agrícola*, São Paulo: Embrapa, n. 16, p. 1-3. (2017)

BINGHAM, A. H.; COTRUFO, M. F. Organic nitrogen storage in mineral soil: Implications for policy and management. *Science of the Total Environment*, v.551-552, p. 116–126. 2016.

BLANCO-CANQUI, H. Energy crops and their implications on soil and environment. *Agronomy Journal*, v.102, p. 403–419. 2010.

BORGES, P. S. Sequência didática para o ensino da biodiversidade do bioma cerrado no ensino fundamental. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Anápolis - Goiás, Universidade Estadual de Goiás. 2016.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. 3ª ed. Bookman, 2013. 704p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [http://www.mma.gov.br / biomas / cerradoN](http://www.mma.gov.br/biomas/cerradoN) (Acesso em setembro de 2018). 2018.

BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., (Ed.) Methods of soil analysis. Madison, America Society of Agronomy, v.3, p. 1085-1121, 1996.

BREMNER, J.M., KEENEY, D.R., Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*. v. 32, p. 485-495. 1965.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Nitrogen fractions in the microbial biomass in soils of Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 181-185, 1999.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F.; CHAGAS, C. S.; KER, J. C.; BLANCANEUX, P.; CARVALHO JUNIOR, W.; AMABILE, R. F.; COSTA, L. D.; PEREIRA, N.R. A cobertura pedológica e as interações com as rochas, o relevo e a cobertura vegetal. In: BLANCANEUX, P. (Ed.). *Interações ambientais no Cerrado: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil*. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, p. 69-143, 1998.

CCD. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa (PT). Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 55p.

CERETTA, C.A. Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Tese de Doutorado), 1995. 127p.

CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science & Business Media, 2011.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DALAL, R. C.; THORNTON, C. M.; COWIE, B. A. Turnover of organic carbon and nitrogen in soil assessed from  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  changes under pasture and cropping practices and estimates of greenhouse gas emissions. *Science of the Total Environment*, v. 465, p. 26–35. 2013.

DIKGWATLHE, S. B., CHEN, Z. D., LAL, R., ZHANG, H. L., CHEN, F., Changes in soil organic carbono and nitrogen as affected by tillage and residue management under wheat–maize cropping system in the North China Plain. *Soil Tillage Research*. v.144, p. 110–118, 2014.

DRUMOND, M. A.; SCHISTEK, H.; SEIFFARTH, J. A.; RUIZ, C. B.; ABRAMOVAY, R.; OVERBECK, G. Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil. *IHU on-line, Revista do Instituto Humanitas Unisinos*. nº 389 – Ano XII, São Leopoldo, 2012, 60p.

DUBE, E.; CHIDUZA, C.; MUCHAONYERWA, P. Conservation agriculture effects on soil organic matter on a Haplic Cambisol after four years of maize–oat and maize–grazing vetch rotations in South Africa. *Soil & Tillage Research*, v. 123, p. 21–28. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília,. p.353. 2013

FASSBENDER, M. Química de suelos com enfasis em suelos de América Latina. Turrialba, IICA. 1975. p. 398.

FRACETTO, F. J. C.; FRACETTO, G. G. M.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J.; SIQUEIRA NETO, M. Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na Caatinga. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 5, p. 1545-1552, 2012.

FU, B., ZHANG, L., XU, Z., ZHAO, Y., WEI, Y., Skinner, D. Ecosystem services in changing land use. *Journal of Soil and Sediment*, v.15, p. 833–843. 2015.

GMACH, M. R., DIAS, B. O., SILVA, C. A., NÒBREGA, J. C. A., LUSTROSA-FILHO, J. F., & SIQUEIRA-NETO, M. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. *Geoderma Regional*, v.14 e00178. 2018.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões De Culturas Com Plantas De Cobertura E Milho Em Plantio Direto E Sua Influência Sobre O Nitrogênio No Solo *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 1, p. 153-159, 2000.

HOUGHTON, R. A.; HOUSE, J. I.; PONGRATZ, J.; VAN DER WERF, G. R.; DEFRIES, R. S.; HANSEN, M. C. LE QUÉRÉ, C.; RAMANKUTTY, N. Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, v. 9, p.5125–5142, 2012.

HUNKE, P., ROLLER, R., ZEILHOFER, P., SCHRÖDER, B., MUELLER, E.N., Soil changes under diferente land-uses in the Cerrado of Mato Grosso. *Brazil Geoderma Reg* n. 4, p. 31–43, 2015.

IBGE, 2014, disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em 3 de outubro de 2018.

IBGE, 2004, Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em 16 de maio de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (ibge). Piauí - Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?Lang=&coduf=22&search=piaui> Acesso em setembro de 2018.

KARLEN, D.L., VARVEL, G.E., JOHNSON, J.M.F., BAKER, J.M., OSBORNE, S.L., NOVAK, J.M., ADLE, P.R., ROTH, G.W., BIRRELL, S.J., Monitoring soil quality to

assess the sustainability of harvesting corn stover. *Agronomy Journal*, v.103, p.288–295, 2011.

KARP, D.S., TALLIS, H., SACHSE, R., HALPERN, B., THONICKE, K., CRAMER, W., MOONEY, H., POLASKY, S., TIETJEN, B., WAHA, K., WALZ, A., WOLNY, S., National indicators for observing ecosystem service change. *Global Environmental Change*. v. 35, p. 12–21. 2015.

KEILUWEIT, M.; WANZEK, T.; KLEBER, M.; NICO, P.; FENDORF, S. Anaerobic microsites have an unaccounted role in soil carbon stabilization. *Nature Communications*, v. 8, p. 1771. 2017.

KNICKER, H., Soil organic N — an under-rated player for C sequestration in soils? *Soil Biology and Biochemistry*. v. 43, p. 1118–1129, 2011.

LEAL, I. R., SILVA, J. D., TABARELLI, M., & LACHER Jr, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, v.1, p.139-146, 2005.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In: *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editores. LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 822, 2003.

LOSS, A.; COSTA, E. M.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v. 113, n. 1, p. 1-8, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 5, p. 2153-2168, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v. 4, n. 8, p. 96-105, 2012.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 28, p.175–187. 2004.

MAIA, S. M. F.; MELO, P. L. A.; GOMES, T. C. A.; SANTOS, A. K. B.; PEREIRA, K. T. O. Mudanças nos estoques de carbono orgânico do solo em sistemas agrícolas no semiárido de Alagoas. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal – RN. *Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 2015.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. *Agroforestry Systems*, v. 71, n. 2, p. 127-138, 2007.

MARÍN-SPIOTTA, E., GRULEY, K.E., CRAWFORD, J., ATKINSON, E.E., MIESEL, J.R., GREENE, S., CARDONA- CORREA, C., SPENCER, R.G.M., Paradigmshifts in soil organicmatter research affect interpretations of aquatic carbon cycling: transcending disciplinary and ecosystem boundaries. *Biogeochemistry*, v.117, p. 279–297. 2014.

MELO, G. B.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; GUARESCHI, R. F.; SOARES, P. F. C. Estoque e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas de plantio direto e convencional de repolho. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1511-1519, 2016.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., (Orgs). *Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: Avanços a partir do agreste da Paraíba*. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. p.249-260.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado, Brasília, 2009. 152p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002, 625p.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p.853-859, 2000.

NUMATA, I., CHADWICK, O. A., ROBERTS, D. A., SCHIMEL, J. P., SAMPAIO, F. F., LEONIDAS, F. C., SOARES, J. V. Temporal nutrient variation in soil and vegetation of post-forest pastures as a function of soil order, pasture age, and management, Rondônia, Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 118, n. 1-4, p. 159-172, 2007.

OLIVEIRA, S. P.; LACERDA, N. B.; BLUM, S. C.; ESCOBAR, M. E. O.; OLIVEIRA, T. S. Organic carbon and nitrogen stocks in soils of Northeastern Brazil converted to irrigated agriculture. *Land Degradation & Development*, v. 26, p. 9-21, 2015.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 2, p. 261-273, 2011.

PILLON, C. N.; SANTOS, D. C. S.; LIMA, C. L. R.; ANTUNES, L. O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. *Ciência Rural*, v. 41, n. 3, p. 447-453, 2012.

POLETO, N.; GROHS, D. S.; MUNDSTOCK, C. M. Flutuação diária e sazonal de nitrato e amônio em um Argissolo Vermelho distrófico típico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1619-1626, 2008.

PRAGANA, R.B., NÓBREGA, R.S.A., RIBEIRO, M.R., FILHO, J.F.L., Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado Piauiense sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 36, p. 851–858, 2012.

REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Orgs.). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. MMA. Brasília, DF. 2005.p. 47-59

RODRIGUES, L. S.; ALMEIDA, T. A.; MARINO, R. H.; BARRETTO, M. C. V.; MARTINS, M. V. G.; PRATA, R. M. Qualidade de solos cultivados com eucalipto em Itaporanga D´Ajuda – Sergipe. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 1, p. 95-101, 2013.

RODRIGUES, R. C.; ARAÚJO, R. A.; COSTA, C. S.; LIMA, A. J. T.; OLIVEIRA, M. E.; CUTRIM JÚNIOR, J. A. A.; SANTOS, F. N. S.; ARAÚJO, J. S.; SANTOS, V. M.; ARAÚJO, A. S. F. Soil microbial biomass in an agroforestry system of Northeast Brazil. Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales, v. 3, n. 1, p. 41-48, 2015.

ROSSETTI, K. V.; TEIXEIRA, D. B.; REIS, I. M. S.; CENTURION, J. F. Agregação de um Latossolo em função de diferentes ciclos de cultivo de cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. Revista Agro@mbiente On-line, v. 8, n. 1, p. 10-17, 2014.

ROSSIZ, C. Q., PEREIRA, M. G., GIÁCOMO, S. G., BETTA, M., POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 1, p. 38-46. 2012.

SALTON, J. C., MERCANTE, F. M., TOMAZI, M., ZANATTA, J. A., CONCENCO, G., SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 190, p. 70-79. 2014.

SANCHEZ, P. A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P. A., (Ed.) Properties and management of soils in the tropics. New York, John Willey & Sons, 1976. p.162-183.

SANTOS, F. L. S. Relação entre o carbono e o nitrogênio no solo sob diferentes usos e aspectos geomorfológicos ao longo de uma catena na região de Cerrado no Brasil Central. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, v, 82 f., il 2017.



SCHISTEK, H. Caatinga, um bioma desconhecido e a “convivência com o semi-árido. IHU on-line, Revista do Instituto Humanitas Unisinos. nº 389 – Ano XII, São Leopoldo, p. 6-8. 2012.

SCHULZ, K.; VOIGT, K.; BEUSCH, C.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; KOWARIK, I.; WALZ, A.; CIERJACKS, A. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 367, p. 62-70, 2016.

SEYFFARTH, J. A. Semiárido, o bioma mais diverso do mundo. IHU on-line, Revista do Instituto Humanitas Unisinos. nº 389 – Ano XII, São Leopoldo, p. 9-10 - ISSN 1981-8769, 2012.

SILVA, S.D., BOAVENTURA, J.K., PORFÍRIO JÚNIOR, D.E., SILVA NETO, M.C. A última fronteira agrícola do Brasil: o Matopiba e os desafios de proteção ambiental no Cerrado. *Estudios Rurales*, vol. 8, p. 145-178, ISSN: 2250-4001, CEAR-UNQ. Buenos Aires. 2018.

SILVA, E. F.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, p. 1321-1331. 2011.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p. 885-896, 2000.

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S. E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; CARPENTER, S. R.; DE VRIES, W.; DE WIT, C. A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G. M.; PERSSON, L. M.; RAMANATHAN, V.; REYERS, B.; SÖRLIN, S. “Planetary boundaries: Guiding.” *Science*, 13 de Fevereiro de 2015.

STEVENSON, F.J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J., ed. Nitrogen in agricultural soils. Madison, American Society of Agronomy, p.1-42. 1982.

TEIXEIRA, P.C; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de métodos de análises de solo. 3. Ed. rev. E ampl. Brasília: Embrapa. 2017. 573 p.

VOLPI I, LAVILLE P, BONARI E, O DI NN, BOSCO, S. Nitrous oxide mitigation potential of reduced tillage and n input in durum wheat in the mediterranean Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.111, n.2-3, p. 189-201. 2018.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 2, p. 247-258, 2006.

ZHANG, H., ZHANG, Y., YAN, C., LIU, E., & CHEN, B. Soil nitrogen and its fractions between long-term conventional and no-tillage systems with straw retention in dryland farming in northern China. Geoderma, v. 269, p. 138-144. 2016